CENTRE DE RECHERCHE ET
DE DEVELOPPEMENT DE LA TOURBE

PEAT RESEARCH AND
DEVELOPMENT CENTRE

Dossier Public 88-7
Open File Report

LES UTILISATIONS POTENTIELLES DES TOURBIÈRES SUITE À LEUR EXPLOITATION COMMERCIALE

RECLAMATION OPTIONS FOR ABANDONED COMMERCIAL PEATLANDS

par/by

J.-Y. DAIGLE
A. ARSENEAU
H. GAUTREAU-DAIGLE
CENTRE DE RECHERCHE ET DE DÉVELOPPEMENT DE LA TOURBE

Canada-New Brunswick Mineral Development Agreement
Entente Canada-Nouveau-Brunswick L'Exploitation Minérale

Natural Resources and Energy New Brunswick
Ressources Naturelles et Énergie Nouveau-Brunswick
Energy, Mines and Resources Canada
Énergie, Mines et Ressources Canada

88-05680/

Ce rapport a été préparé à l'intention de la:

Division des minéraux et de l'énergie
Ministère des Ressources naturelles et de l'Énergie
Nouveau-Brunswick

Hon. Morris Green, Ministre

This report has been prepared for:

Minerals and Energy Division
Department of Natural Resources and Energy
New Brunswick

Hon. Morris Green, Minister

1988

LES UTILISATIONS POTENTIELLES DES TOURBIÈRES SUITE À LEUR EXPLOITATION COMMERCIALE

RECLAMATION OPTIONS FOR ABANDONED COMMERCIAL PEATLANDS

Ce projet fut financé par l'entente Canada - Nouveau-Brunswick sur l'exploitation minérale, une entente auxiliaire de l'entente cadre sur le développement économique et régional.

This project was funded under the Canada-New Brunswick Mineral Development Agreement, a subsidiary agreement under the Economic and Regional Development Agreement.

Pour obtenir ce rapport s'adresser à:

Division des minéraux et de l'énergie
Ministère des Ressources naturelles et de l'Énergie
C.P. 6000, Fredericton,
Nouveau-Brunswick E3B 5H1

Rapport N°: Dossier Public 88-7

Auteurs: J.-Y. Daigle, A. Arseneau, et H. Gautreau-Daigle, Centre de Recherche et de Développement de la Tourbe

N° de catalogue: ISSN 0712-4562

Copies are available by contacting:

Minerals and Energy Division
Department of Natural Resources and Energy
P. O. Box 6000, Fredericton
New Brunswick E3B 5H1

Report No.: Open File Report 88-7

Authors: J.-Y. Daigle, A. Arseneau, and H. Gautreau-Daigle, Peat Research and Development Centre

Catalogue No.: ISSN 0712-4562

1988

This report should be referenced in the following manner:
Ce rapport devrait être cité de la façon suivante:

DAIGLE, J.-Y., ARSENEAU, A., and GAUTREAU-DAIGLE, H. 1988. Les utilisations potentielles des tourbières suite à leur exploitation commerciale / Reclamation options for abandoned commercial peatlands. New Brunswick Department of Natural Resources and Energy, Minerals and Energy Division, Open File Report 88-7, 189 p.

TABLE DES MATIERES

		Page
	Résumé	ix
1.0	INTRODUCTION	1
2.0	VUE GENERALE	2
3.0	AGRICULTURE	5
	3.1 Préparation du sol	7
	3.2 Culture des légumes	11
	3.2.1 Fertilisation	11
	3.2.2 Méthodes de culture	14
	3.2.3 Contrôle de mauvaises herbes	15
	3.2.4 Autres considérations	15
	3.2.5 Expérience néo-brunswickoise	16
	3.3 Fourrage	18
	3.4 Céréales	21
	3.5 Culture de petits fruits (*Vaccinium* sp.)	23
	3.6 Estimation des coûts	24
4.0	FORESTERIE	26
	4.1 Méthodes de réclamation	26
	4.2 Phases de travail	27
	4.3 Classes de tourbières résiduelles	29
	4.4 Reboisement naturel	30
	4.5 Epaisseur de la couche résiduelle de tourbe	31
	4.6 Préparation et fertilisation du site	34
	4.7 Production de biomasse	35
	4.8 Estimation des coûts	35
5.0	REGENERATION ET RENATURATION	37
	5.1 Régénération	38
	5.2 Renaturation	41
	5.2.1 Formation de lacs	41
	5.2.2 Pisciculture	42

6.0 REGLEMENTATION AU MINNESOTA (USA) 44

7.0 CONCLUSION 47

8.0 BIBLIOGRAPHIE 97

ANNEXE A: Résumé des principales publications 109

ANNEXE B: Liste des personnes-ressources 163

ANNEXE C: Termes du profil et expressions de recherche utilisés pour la fouille des banques de données électroniques 167

ANNEXE D: Banques de données électroniques interrogées 171

TABLE OF CONTENTS

		Page
	Abstract	x
1.0	INTRODUCTION	51
2.0	GENERAL OVERVIEW	52
3.0	AGRICULTURE	55
	3.1 Soil preparation	57
	3.2 Vegetable production	60
	3.2.1 Fertilization	60
	3.2.2 Cultivation methods	63
	3.2.3 Weed control	63
	3.2.4 Other considerations	64
	3.2.5 A New Brunswick experiment	65
	3.3 Fodder	66
	3.4 Cereals	69
	3.5 Small fruit production (*Vaccinium* sp.)	70
	3.6 Cost estimation	72
4.0	FORESTRY	73
	4.1 Reclamation methods	73
	4.2 Work stages	74
	4.3 Categories of cut-over peat bogs	75
	4.4 Natural afforestation	76
	4.5 Depth of the cut-over peat layer	78
	4.6 Site preparation and fertilization	80
	4.7 Biomass production	81
	4.8 Cost estimation	81
5.0	REGENERATION AND RENATURATION	83
	5.1 Regeneration	83
	5.2 Renaturation	85
	5.2.1 Lake formation	85
	5.2.2 Fish breeding (pisciculture)	88

6.0 MINNESOTA REGULATIONS (USA) 90

7.0 CONCLUSION 93

8.0 BIBLIOGRAPHY 97

APPENDIX A: Abstracts of key publications 109

APPENDIX B: Experts interviewed 163

APPENDIX C: Concept map and keywords used for database searches 167

APPENDIX D: Databases searched 171

LISTE DES FIGURES

Page

Figures:

1. Production de grain en fonction du processus d'amélioration du sol suite au labour en profondeur (Kuntze, 1980). 9

2. Phases de travail nécessaires au reboisement d'une tourbière résiduelle (adapté de Kukkonen, 1983). 28

3. Nombre d'arbres par hectare régénérés naturellement sur des sites résiduels (Valk, 1986). 31

LIST OF FIGURES

Page

Figures:

1. The development of sand-mix cultivated bogs expressed by their productivity (Kuntze, 1980). 58

2. Stages in the afforestation of a cut-over bog (adapted from Kukkonen, 1983). 74

3. Number of naturally regenerated trees per hectare on cut-over bog sites (Valk, 1986). 77

LISTE DES TABLEAUX

Page

Tableaux:

I. Coûts reliés à différentes cultures sur tourbières résiduelles (Bord na Mona, 1984). 25

II. Développement de pins (cm) au cours de la troisième année selon la préparation et la fertilisation du site (adapté de Kaunisto, 1982). 33

III. Taux de fertilisants requis selon les réserves du sol (Ferda, 1986). 34

IV. Phases de régénération (Blankenburg et Kuntze, 1986). 37

LIST OF TABLES

Page

Tables:

I. Costs related to various crops on cut-over bogs (Bord na Mona, 1984). 72

II. Pine development (cm) during the third year, according to site preparation and fertilization (adapted from Kaunisto, 1982). 79

III. Required levels of fertilization according to soil reserves (Ferda, 1986). 80

IV. Regeneration stages (Blankenburg and Kuntze, 1986). 83

RÉSUMÉ

Les objectifs de cette étude sont de compléter une recherche bibliographique approfondie des usages possibles de tourbières commerciales après l'épuisement des réserves de tourbe de sphaigne et d'identifier certaines options de projets de recherche appliquée.

La conversion des tourbières résiduelles pour la culture de légumes, fourrage, céréales et petits fruits est discutée. Les efforts de réclamation de ces tourbières ont également été concentrés sur des travaux en foresterie pour la production de biomasse et de bois d'oeuvre. De plus en plus, les pressions sociales exigent la régénération et la renaturation des sites abandonnés. On y présente différentes approches.

Une description de la réglementation en vigueur au Minnesota ainsi que quelques recommendations face à la situation au Nouveau-Brunswick complètent l'étude.

ABSTRACT

The objectives of this study are to complete a comprehensive bibliographical research on the possible uses of commercial peat bogs, after the sphagnum peat reserves are exhausted, and to identify options for applied research projects.

The conversion of cut-over peat bogs for the production of vegetables, fodder, cereals and small fruit is discussed. Reclamation efforts have also been concentrated on forestry for biomass and lumber production. More and more, social pressures require the regeneration and renaturation of abandoned sites. Different approaches are presented.

A description of the regulations in effect in Minnesota, as well as some recommendations related to the situation in New Brunswick, complete the study.

1.0 INTRODUCTION

Tout au long de l'histoire, les tourbières furent considérées comme des surfaces inutiles et non-productives. Par la suite, on a réalisé que la tourbe pouvait servir à des fins horticoles et énergétiques. Cependant, que faire lorsque le dépôt de tourbe est épuisé?

L'étude qui suit porte sur les utilisations potentielles des tourbières résiduelles suite à l'extraction commerciale de la tourbe. Trois principales utilisations de tourbières résiduelles ont été identifiées au cours de l'étude soit: l'agriculture, la foresterie et la régénération. Ces options sont discutés en détails dans les pages qui suivent.

Les auteurs du présent rapport tiennent à exprimer leur reconnaissance à Monsieur Jacques Thibault du Ministère des Ressources Naturelles et de l'Energie ainsi qu'à Madame Margaret Carroll de l'Institut Canadien de l'Information Scientifique et Technique pour leur étroite et précieuse collaboration. Nous voulons également remercier les personnes ressources qui ont bien accepté de discuter librement de leurs travaux en cours.

2.0 VUE GENERALE

Lorsque l'exploitation d'une tourbière est terminée, il y demeure une couche de tourbe résiduelle d'épaisseur variable. Cette couche n'est pas extraite, car elle peut contenir des souches, des troncs et des branches d'arbres, des pierres, avoir un contenu minéral élevé ou être située au-dessous du niveau de la mer, et donc être contaminée par le sel.

On peut laisser la tourbière résiduelle intacte pour minimiser l'impact environnemental, puisque les tourbières jouent un rôle de tampon entre les écosystèmes terrestres et aquatiques.

Lévesque et Mathur (1985) relèvent certains avantages et désavantages qu'apportent les tourbières résiduelles à la récupération.

Parmi les avantages, citons:

- en agriculture, l'apport constant en eau aux cultures;
- le système de drainage déjà en place en facilite la réclamation;
- les installations (édifices, chemins d'accès, lignes de tension) peuvent être utilisées aux fins de la réclamation.

Par contre, les tourbières résiduelles peuvent poser des problèmes particuliers:

- la minceur de la couche résiduelle peut restreindre le choix des utilisations possibles ainsi que leur longévité au point de vue économique;

- les pierres, les troncs et les souches d'arbres peuvent causer des problèmes au niveau du labourage.

La récupération efficace des tourbières résiduelles peut nécessiter l'abaissement ou l'élévation du niveau de la nappe phréatique et le raffermissement de la surface, selon l'utilisation choisie.

Sur les tourbières résiduelles où la coupe en bloc a eu lieu, la méthode de réclamation dépend de l'étendue de la coupe, la nature de la tourbe et le sol minéral à la base, ainsi que de la surface qui entoure la tourbière.

Lorsqu'on fait des prévisions sur l'utilisation potentielle d'une tourbière résiduelle, il faut tenir compte des facteurs suivants:

- l'intensité du drainage effectué sur la tourbière;
- l'hydrologie et la possibilité de faire du drainage supplémentaire suite à l'extraction de la tourbe;
- l'épaisseur de la couche de tourbe restante;
- les caractéristiques physiques de la tourbe (eg. type et degré d'humification);
- l'assise minérale (caractéristiques physiques et chimiques) et la topographie.
- le niveau du fond de la tourbière à ses pourtours et sa relation avec le drainage artériel des environs.

- la nécessité de développer de nouvelles méthodes adaptées aux tourbières plutôt qu'aux sols minéraux, dépendant de l'option de réclamation choisie.

En 1917, le "Irish Peat Inquiry Committee" d'Irlande exposa le point de vue que les dépôts de tourbe utilisés comme combustible ne devaient plus être considérés comme une exploitation irrationnelle des ressources naturelles, mais comme un moyen d'étendre et de développer l'agriculture, en utilisant à cette fin les tourbières résiduelles.

En 1955, un programme intensif de recherche sur les moyens d'utilisation des tourbières résiduelles fut mis sur pied de concert avec les agriculteurs et Bord na Mona, ce qui a permis d'étendre l'exploitation des tourbières résiduelles à l'échelle commerciale.

En 1972, le "Agricultural Science Association" d'Irlande recommandait qu'un comité de coordination soit mis sur pied au niveau national pour une meilleure utilisation des tourbières, c'est-à-dire laisser certaines tourbières à leur état naturel et utiliser la majorité des tourbières résiduelles à des fins agricoles, forestières et horticoles.

Notons que ce qui s'est produit en Irlande s'effectua aussi en Europe, en Scandinavie et en URSS.

Il est préférable de développer immédiatement une tourbière résiduelle pour éviter la croissance rapide d'arbustes, ce qui occasionne des coûts supplémentaires. Aussi, il faut éliminer tous les résidus de bois (branches, souches, troncs) et faire en sorte que le niveau d'eau puisse être élevé ou abaissé, selon l'utilisation prévue.

3.0 AGRICULTURE

Les tourbières à sphaigne résiduelles peuvent potentiellement devenir des sols productifs pour une variété de cultures, moyennant une préparation adéquate du terrain et des pratiques de culture appropriées. Bien aménagés, les sols organiques sont poreux, faciles à cultiver, retiennent bien l'eau et ont une capacité d'échange cationique élevée (Clarke-Whistler, 1985). De plus, l'incidence de maladies est basse, puisque peu de microorganismes vivent dans la tourbe (Dooley et Dickinson, 1967). Sous des conditions climatiques favorables, de bonnes récoltes de légumes, tels carottes, pommes de terre, oignons, choux-fleurs, céleri et laitue ont été obtenues. Les céréales telles l'avoine, l'orge et le seigle, ainsi que le fourrage et les petits fruits, tels bleuets et canneberges ont aussi été cultivés avec succès.

Cependant, certaines conditions associées aux tourbières à sphaigne affectent négativement la capacité agricole, notamment:

- la nappe phréatique élevée;
- l'aération inadéquate;
- l'acidité élevée;
- la déficience en éléments nutritifs majeurs et en oligo-éléments.

De plus, les travaux d'extraction peuvent avoir des effets préjudiciables sur la structure physique de la tourbe, qui est en rapport direct avec la conductivité hydraulique, la rétention d'eau et la stabilité structurale

(Clarke-Whistler, 1985). Egalement, les sols organiques subissent l'affaissement due à une dégradation accélérée lorsque le drainage est amélioré et offrent moins de résistance que les sols minéraux à la machinerie lourde, qui doit conséquemment être adaptée pour pouvoir y effectuer des travaux.

Les chefs de file au niveau de l'utilisation agricole des tourbières résiduelles sont l'Irlande, l' URSS, les Pays-Bas et la République fédérale d'Allemagne. En Irlande, les recherches et l'expérimentation sont concentrées sur la culture des légumes, de céréales, de fourrage ainsi que l'élevage de bovins et de moutons. La réutilisation principale des tourbières en URSS semble être la conversion en pâturages (Boiko, 1983), quoique les cultures de légumes et de céréales y sont faites également.

Les Pays-Bas, en raison d'une pénurie de terres agricoles, récupèrent les tourbières résiduelles pour y cultiver principalement la pomme de terre, le seigle, l'avoine, les graines oléagineuses et certaines fleurs. Les tourbières de moindre qualité sont converties en pâturages (Mohrmann). La République fédérale d'Allemagne a développé des utilisations semblables à celles des Pays-Bas, cependant les pressions actuelles en faveur de la conservation et la régénération dirigent les recherches vers ces domaines.

Avant d'envisager la culture sur une tourbière résiduelle, une étude approfondie du potentiel agricole de celle-ci s'impose. Wood (1981) rapporte le potentiel agricole d'une tourbière abandonnée suite à l'exploitation de la

tourbe de sphaigne en Colombie-Britannique. Le rapport évalue les sols selon le système d'inventaire des sols du Canada pour évaluer le potentiel agricole et discute d'autres facteurs importants, tels le climat, l'écologie, le drainage et traite de certaines considérations économiques. On estime que le climat et les sols sont aptes à l'agriculture moyennant un drainage et des pratiques de culture adéquates, quoique nécessitant un temps de préparation et des coûts dépassant la moyenne. La culture de canneberges, de bleuets et de certains légumes est proposée.

Selon les travaux de Clarke-Whistler (1985), les propriétés chimiques et physiques de la tourbe de sphaigne et du sol minéral sous-jacent dans la région de Shippagan sont telles que l'agriculture représente une statégie de récupération potentielle pour les tourbières résiduelles. Cependant, des études supplémentaires seraient nécessaires pour le confirmer.

3.1 Préparation du sol (général)

En République fédérale d'Allemagne, la préparation des tourbières résiduelles pour l'agriculture dépend de la profondeur, du type et du niveau de décomposition de la tourbe et les caractéristiques du sous-sol minéral. Si la profondeur de la tourbe est inférieure à 1,4 m et que le sous-sol est sablonneux, Kuntze (1980) préconise un labour en profondeur avec le sable sous-jacent afin d'optimiser les propriétés physiques et chimiques pour la culture. Par cette méthode (German sand-mix cultivation), les horizons de tourbe et de sol minéral sont retournés à la verticale, de sorte que la tourbe n'est que partiellement recouverte par le sable. Pour ce faire la nappe

phréatique doit être inférieure de 20 cm de la profondeur du labour. La couche superficielle de 20 à 30 cm est ensuite bien mélangée à la chaux et aux fertilisants. On peut ensuite y effectuer une gamme de cultures. Lorsque la profondeur dépasse 1,4 m, la tourbe est préférablement drainée par un système de tuyaux placés à intervalles de 10 à 24 m, compte tenu de la densité apparente et du degré d'humification. Le pâturage permanent est l'utilisation la plus appropriée pour ces tourbières.

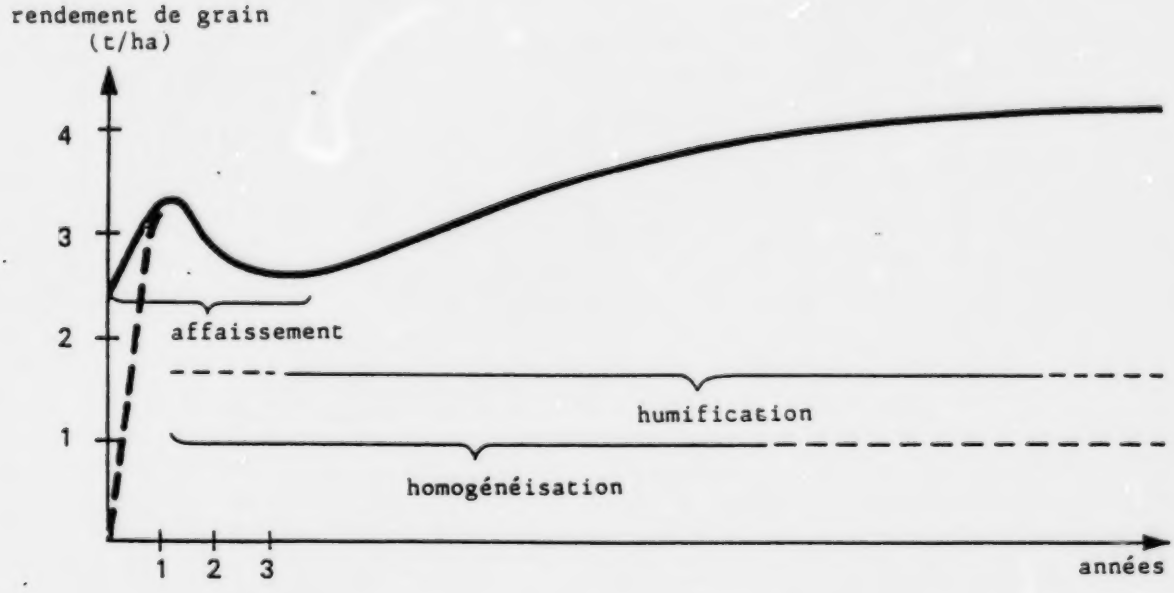
Les programmes de fertilisation dans les deux cas sont semblables: le chaulage (pour atteindre un pH de 4,7 à 5,0 dans le premier cas et 4,3 à 4,5 dans le deuxième) puis l'application de 200 kg/ha P_2O_5, 600 kg/ha K_2O et 100 kg de scories métalliques ou 10 kg/ha Cu. Engrais et chaux doivent tous deux être mélangés uniformément jusqu'à une profondeur de 30 cm (Kuntze 1988).

Cependant, le processus d'amélioration du sol s'étend sur plusieurs années. Au début, tourbe et sable sont pour ainsi dire côte à côte; l'aération est élevée ce qui est la cause probable de bons rendements de culture. Suit ensuite l'affaissement du sol; l'aération et la perméabilité décroissent donnant des rendements diminués. Avec le temps et les efforts de culture (labour, hersage, fertilisation), l'oxidation, la minéralisation et l'humification s'effectuent. Enfin, le sol atteint une bonne structure et les rendements sont optimaux (Figure 1).

Le rapport tourbe:sable varie de 1:2 à 2:1 en tenant compte de la densité apparente de chacun. Plus la tourbe est humifiée, moins l'apport de cet élément doit être grand. Un taux de matière organique de 6 à 8% doit être

maintenu pour assurer des propriétés physiques et chimiques désirables, ainsi qu'une productivité végétale adéquate.

Figure 1: Production de grain en fonction du processus d'amélioration du sol suite au labour en profondeur. (Kuntze, 1980).



Quoique la culture soit possible sur un fond de 50 à 100 cm, on suggère une profondeur minimum de 100 cm pour pallier à l'affaissement qui se produit lors du drainage et des travaux de culture (Stenbeck 1985, MacNaeidhe et Courtney

1983). La profondeur du sol cultivé serait de 25 à 30 cm, profondeur généralement adéquate pour la croissance et accessible à la machinerie conventionnelle. En Finlande, certains préconisent le labour de la couche de tourbe, lorsque peu profonde, avec le sous-sol minéral sous-jacent (Valmari 1982).

Jelley et Burke (1984), dans leurs travaux sur les facteurs limitant l'expansion du système de racines, ont observé que celles-ci, dans les tourbes acides, sont restreintes à la couche de sol labourée. Ils suggèrent donc une profondeur de labour de 0,3 m.

Galkina (1977) a démontré que les propriétés physiques du sol et de l'eau sont défavorables, engendrant des problèmes lorsque la couche de tourbe résiduelle est inférieure à 50 cm.

Lévesque et Mathur (1985) décrivent les résultats d'expériences de culture en pots dans des mélanges de sols organiques avec divers types d'assises minérales. Les cultures comprenaient herbages, céréales, légumes à feuilles et légumes à racines. Parmi les assises minérales, une argile marine de Shippagan, N.-B. donna de bons résultats lorsqu'incorporée à la couche de tourbe de sphaigne fibrique sus-jacente. Une incorporation graduelle de jusqu'à 33 % d'argile par volume est estimée optimale, particulièrement lorsque la tourbe est peu humifiée. Ce mélange argile-tourbe améliore la productivité et permet une plus grande variété de cultures. Dans des proportions argile:tourbe de 3:8, le potentiel du sol a été jugé très bon pour toutes les cultures ci-haut mentionnées. Le choix serait donc influencé d'abord par des facteurs climatiques et économiques.

Cole, Mulqueen et Hammond (1980) concluent que la tourbe de *Calluna/Sphagnum* seule n'est pas apte à supporter des cultures de carottes ou de trèfle. Cependant, ces tourbes gagnent à être mélangées au sous-sol minéral, ce qui en augmente la solidité, et en élève le pH, favorisant une meilleure activité de *Rhizobium* et ainsi une augmentation du rendement de trèfle. Leur rendement de carottes fut pauvre les deux premières années et légèrement amélioré la troisième année suite à une application de bore. Les concentrations de certains oligo-éléments suite à des applications spécifiées sont communiquées.

3.2 Culture des légumes

Le type de drainage et de travaux préparatoires varient énormément d'après le type de tourbe, la profondeur, la topographie et les voies de drainage disponibles. Les tourbes de sphaigne, entre autres, sont relativement imperméables et nécessitent l'installation de canaux de drainage à intervalles de 5 à 20 m. Des travaux supplémentaires pour niveler la surface et l'entretien sont aussi souvent nécessaires pendant plusieurs années. L'amélioration des propriétés physiques de la tourbe peut exiger plusieurs années de culture; dans le cas des tourbes imperméables, il est nécessaire de cultiver pendant 7 ans ou plus avant d'obtenir un sol pleinement amélioré (MacNaeidhe and Courtney, 1983).

3.2.1 Fertilisation

Des expériences s'étendant sur une période de 15 ans ont démontré qu'un fond de tourbière profond et bien drainé convient à la culture de bon nombre de

légumes. Les facteurs clés au succès des cultures sont le labour profond et l'incorporation complète de chaux et de fertilisants. Les coûts de production sont élevés la première année due aux fortes applications de chaux et de fertilisants, mais ceux-ci s'atténuent par la suite.

La tourbe étant naturellement déficiente en chaux, en éléments nutritifs majeurs, en cuivre et en bore, des applications substantielles de chaux et de fertilisants seront nécessaires pendant plusieurs années pour assurer des récoltes satisfaisantes. La chaux est peu mobile dans la tourbe, d'où la nécessité de l'incorporer profondément et aussi uniformément que possible afin que la croissance soit constante tout au long de la saison. Lorsque l'incorporation de chaux est superficielle, une sécheresse peut être néfaste pour certaines cultures, surtout lorsque le pH de la tourbe est bas. Le risque est particulièrement élevé en juillet et août, alors que l'humidité de la couche cultivée est basse. A ce moment, les racines ne vont pas pénétrer la tourbe acide pour aller y chercher de l'eau. Les carottes et le céleri, qui sont plus sensibles à une carence en chaux, sont plus susceptibles à ce problème que la pomme de terre et les oignons. Le cuivre, étant aussi peu mobile, une carence de cet élément peut être induite par une période de sécheresse si l'incorporation est trop superficielle (MacNaeidhe et Courtney, 1983). La chaux améliore aussi la capacité du sol à retenir le phosphore. L'application rapide de chaux en profondeur est essentielle pour éviter le lessivage de cet élément surtout pendant la période d'enracinement des plantes, alors que le problème est le plus aigu (Wiklander, 1983).

Les concentrations de N, P et K sont généralement trop pauvres dans la tourbe à l'état naturel pour supporter la croissance des plantes. Suivant

l'application de chaux et d'engrais, l'azote est libérée en grandes quantités, mais la plus grande part de cet azote est utilisée par les microorganismes présents dans la tourbe, qui prolifèrent rapidement dans ces conditions améliorées. Les recommandations varient entre 80 kg/ha pour les carottes jusqu'à 500 kg/ha pour le céleri (MacNaeidhe & Courtney, 1983). Suite à plusieurs années de culture, certains sols organiques peuvent libérer l'équivalent de 120 kg/ha de N (O'Toole, 1975). Ainsi, on peut éventuellement réduire les applications d'azote jusqu'à 100 kg/ha (MacNaeidhe et Courtney, 1983).

En Irlande, le taux de phosphore dans la tourbe à l'état naturel est de 0,5 à 1,0 ppm. Une application préliminaire de 50 kg/ha serait suffisante pour rencontrer les exigences minimales de croissance, toutefois on suggère un taux de 150 kg/ha pour compenser les variations dues à l'épandage non-uniforme. Comme le phosphore est sujet au lessivage, il est essentiel d'en appliquer annuellement à des taux variant de 20 kg/ha (céréales) à 80 kg/ha (céleri) (MacNaeidhe & Courtney, 1983).

Le niveau de potassium dans la tourbe irlandaise est de 5 à 50 ppm, de sorte qu'un taux d'application préliminaire de 200 kg/ha est requis pour atteindre le niveau minimum de 150 ppm pour assurer une croissance satisfaisante. Cependant, afin de bâtir les réserves du sol, une application de 500 kg/ha est suggérée la première année de culture. Le potassium est moins sujet au lessivage que le phosphore (2,0 à 5,0 cm/année, Cole, 1965). Dans les années suivantes, le taux est déterminé par la concentration dans le sol et les cultures envisagées (MacNaeidhe et Courtney, 1983).

Le cuivre et le bore sont indispensables à la croissance dans les sols tourbeux. Le cuivre est appliqué sous forme de $CuSO_4$ à un taux de 60 kg/ha, ce qui suffit aux exigences des cultures sur une période de 5 à 10 ans. Certaines cultures répondent mieux à l'application de cuivre pendant la 2^e année. Le bore est appliqué sous forme de borate de sodium à un taux variant de 11 kg/ha (pommes de terre et oignons) à 22 kg/ha (céleri et famille des choux). Les carences en oligo-éléments peuvent donc être éliminées en bonne partie grâce à des programmes d'arrosage bien planifiés (MacNaeidhe & Courtney, 1983).

Le mélange uniforme d'éléments nutritifs ne peut être obtenu lors des premières années de culture. La tourbe étant fibreuse, plusieurs années de travaux sont nécessaires pour décomposer les fibres et briser les mottes avant que le sol atteigne la texture granulaire désirée. Aussi, on ne peut s'attendre à des rendements maximums qu'après plusieurs années de culture (MacNaeidhe et Courtney, 1983).

3.2.2 Méthodes de culture

La culture en sillons permet un meilleur drainage et un accroissement plus rapide de la température, ce qui améliore de façon très significative le rendement des cultures de légumes racines. En effet, lors d'essais le rendement de carottes en sillons était le double de celui obtenu sur un champ plat (MacNaeidhe, 1978).

Ryznenkova (1984) décrit la culture d'oignons en Russie avec paillis de polyéthylène et de sable et sous différentes conditions d'irrigation. Un rapport N : P_2O_5 : K_2O de 50:23:100 kg/ha a donné une production moyenne de 29,7 t/ha.

3.2.3 Contrôle de mauvaises herbes

Les populations de mauvaises herbes s'accroissent rapidement sur les fonds de tourbe améliorés. Celles-ci proviennent des sols minéraux avoisinants transportés par le vent, l'eau, les véhicules, etc. Les méthodes de contrôle mécaniques ont obtenu peu de succès sur les tourbières, cependant les programmes de contrôle basés sur des herbicides se sont avérés efficaces pour les oignons, carottes, céleri et laitue (MacNaeidhe, 1970). La plupart des herbicides résiduels en usage deviennent inactifs assez rapidement lorsqu'ils sont appliqués à la tourbe, de sorte que la dose doit être multipliée de 2 à 3 fois pour obtenir de bons résultats. Peu d'herbicides vont pénétrer la tourbe à une profondeur supérieure à 0,5 cm, même après une forte pluie. Lorsque la tourbe a un taux de matière organique supérieur à 75%, les risques de dommages aux récoltes sont très réduits (MacNaeidhe et Courtney, 1983).

3.2.4 Autres considérations

· Comme les tourbières résiduelles sont généralement de grandes étendues démunies d'abris naturels, sauf au périmètre, le vent peut causer des dommages sérieux aux cultures, à moins d'ériger des structures protectrices. Des essais ont démontré que le rendement de certains légumes cultivés à l'abri de coupe-vents était le double de celui des mêmes espèces cultivées sans protection.

Les coupe-vents naturels (arbres et arbustes) sont les moins coûteux, cependant ils sont lents à établir (7-8 ans). Pendant cette période, il faut prévoir un abri artificiel. Suite à plusieurs essais, MacNaeidhe et Courtney (1983) optent pour la clôture de lattes, dont ils donnent les spécifications.

Parmi les espèces suggérées comme coupe-vents naturels, le saule *Salix aquatica gigantea* s'est révélé excellente espèce pionnière sur les tourbières très exposées. Le pin sylvestre *Pinus sylvestris*, l'épinette *Picea sitchensis* et l'aulne *Alnus glutinosa* se sont aussi avérés très tolérants à l'exposition. L'orge semé entre les rangs d'oignons et tué lorsque les plants atteignent le stade de 2 à 3 feuilles, s'est aussi révélé efficace.

Jelley et Burke (1984) identifient les facteurs limitant la croissance des racines. Une densité apparente supérieure à 1,6 g/cm^3 ainsi qu'une pauvre aération (inférieure à 10%) peuvent limiter la pénétration des racines. L'acidité élevée de la tourbe de sphaigne et la profondeur insuffisante du labour réduisent les rendements, surtout lors de périodes sèches. Ils recommandent le dépistage de ces facteurs pouvant limiter la croissance des racines.

3.2.5 Expérience néo-brunswickoise

La tourbière de St-Charles (comté de Kent, N.-B.) peut servir d'exemple pour indiquer les contraintes générales à l'agriculture sur les tourbières ombrotrophes au N.-B., quoique ce site n'est pas une tourbière résiduelle.

En production depuis plus de 15 ans, on y cultive principalement les carottes, quoique des parcelles de choux chinois, radis, laitue, choux-fleurs, pois, fèves et céleri sont au stade expérimental. Un rendement annuel de 20 tonnes/ha est obtenu.

La tourbière a subi un drainage superficiel. La nappe phréatique varie entre 30 et 60 cm de profondeur. Le taux de précipitation annuelle étant élevé, le contrôle du niveau d'eau est difficile. En raison du niveau d'eau élevé, le sol se réchauffe lentement au printemps. Le pH est bas (< 4,0) et la tourbe est déficiente en macro et oligo-éléments. Des applications de chaux et de fertilisants (N, P, K) à un taux de 112 kg/ha sont faits annuellement. L'équilibre des oligo-éléments est difficile à atteindre en raison des propriétés complexantes de la matière organique avec ces éléments, tels le magnésium, en milieu acide.

En 1984-85, le Centre de recherche et de développement de la tourbe Inc. entreprenait un projet de culture de pommes de terre sur une section abandonnée de la tourbière no. 530 en collaboration avec des chercheurs de la Ferme expérimentale centrale à Ottawa.

Pendant l'automne 1984, le site fut chaulé (5 tonnes/ha) et hersé au rotoculteur à deux reprises afin de briser les mottes et mélanger la chaux à la couche supérieure (15 cm). Au printemps suivant, le site fut hersé à nouveau et quatre parcelles de 50 m^2 furent délimitées et préparées pour l'ensemencement (préparation de sillons, fertilisation, application de paillis de plastique sur deux parcelles). La fertilisation fut effectuée dans des proportions de N:P:K de 100:200:200 (kg/ha) en deux applications. L'ensemencement de 2 variétés de pommes de terre eut lieu à la fin juin en raison du dégel tardif.

La récolte moyenne fut de 20 t/ha, variant de 25,3 à 31,0 kg/15 m. Ce rendement (poids) représente 99,7% de celui obtenu par un cultivateur commercial de la région pour une variété (Caribe) et 71,2%, pour la deuxième variété (Kennebec). Selon Agriculture Canada, le rendement d'une culture non-commerciale devrait atteindre de 18 à 30 kg/15m. Les récoltes commerciales étaient supposément inférieures et supérieures à la moyenne, respectivement, pour chacune des deux variétés mentionnées. La qualité des pommes de terre obtenues dans le sol tourbeux se comparait favorablement à celle des tubercules cultivés dans le sol minéral (Gautreau-Daigle et Daigle, 1985).

En vue de ces résultats encourageants, nous osons dire que la culture de pommes de terre est possible sur des fonds de tourbières résiduelles dans la région du nord-est du Nouveau-Brunswick.

3.3 Fourrage

La conversion de tourbières résiduelles en pâturages est répandue en Russie. Boiko et al. (1983) affirment que sur 162 000 ha de tourbières résiduelles en Biélorussie, 75% sont récupérées et que 27% de celles-ci sont converties en pâturages et autres formes de culture. Il discute le processus de récupération, les cultures, les rendements et la contribution des tourbières ainsi récupérées aux réserves de fourrage. Lashkevich (1979) rapporte les résultats d'expériences de culture d'herbages sur des tourbes de roseaux et de laîches dans la région de Minsk, y compris les formulations d'engrais appliqués et le rendement obtenu. Bogdanov et al. (1984) décrivent les procédures de

récupération pour la culture d'espèces de fourrage. Myeyarowski et al. (1987) affirment que la fertilisation annuelle est le facteur prédominant pour la croissance de pâturage permanent sur des tourbières résiduelles. Ils préconisent un rapport N:P:K de 60:60:120 (kg/ha).

En Irlande, la récupération de tourbières abandonnées pour les convertir en pâturages se fait depuis plus de 15 ans. Parmi les problèmes les plus difficiles à régler, notons (Stenbeck 1985):

- la carence en oligo-éléments (i.e. cuivre et bore)
- le rétrécissement non-uniforme du substrat
- la présence de gros résidus de bois
- les difficultés au niveau du drainage
- la surface de la tourbe tend à se fendre, ce qui occasionne des problèmes avec la machinerie et les animaux.

Suite à plusieurs années d'expérimentation, McNally (1984) rend compte du processus de développement d'une tourbière résiduelle pour la production de fourrage. Pendant la première année, la tourbe (0,5 m) est labourée avec une couche de 15 cm du sous-sol minéral. Ce processus expose les gros résidus de bois qui peuvent ensuite être extraits. La surface est par la suite laïssée en repos pendant au moins 12 mois. Lors de la deuxième année, la tourbe et le sous-sol minéral sont mélangés aussi uniformément que possible, puis la surface est nivellée et laissée telle quelle afin de permettre un certain affaissement. Lors de la troisième année, la surface est à nouveau nivellée et pour la première fois, ensemencée pour produire un pâturage permanent. En suivant ces étapes, un pâturage très productif peut être établi, en réduisant les problèmes de crevasses et de rétrécissement non-uniforme.

En ce qui a trait au drainage, les travaux de Galvin (1972, 1976) ont démontré que le nivellement et l'arrondissement des champs s'est avéré une méthode peu coûteuse et très efficace sur les tourbières ombrotrophes irlandaises, comparativement à d'autres plus compliquées. La procédure de récupération consiste premièrement en l'excavation des canaux de drainage principaux, suivi du remplissage des canaux secondaires peu profonds. Suit ensuite le nivelage et l'arrondissement de la surface pour assurer une pente transversale de 1% et longitudinale de 0,3%. Ceci réduit l'infiltration d'eau de surface en permettant l'écoulement des eaux de pluie vers les canaux de drainage.

Toujours en Irlande, les essais de Cole (1968) sur la fertilisation ont démontré que la production de pâturage sur un fond de tourbière peu profond (15 à 75 cm), bien drainé et constitué de tourbe très humifiée de bois, à un pH de 4,5 à 5,5, est directement reliée à un approvisionnement adéquat en N, P et K. Il fait des recommandations concernant les taux optimums à appliquer.

Quoique ces travaux ne se sont pas effectués sur des tourbières résiduelles, il serait cependant plus approprié de se baser sur les recommandations de travaux de culture de fourrage à Terre-Neuve, tels ceux de Rayment (1977) et de Chancey (1968), étant donné que les caractéristiques de la tourbe sont semblables à celle du nord-est du Nouveau-Brunswick.

En ce qui concerne l'élevage sur des pâturages établis sur fonds de tourbières résiduelles, Healy (1980) rapporte les résultats de recherche en Irlande. L'élevage de bovins et de moutons s'y fait depuis une quinzaine

d'années et des travaux sont en voie de régler les problèmes, notamment carences en cuivre, diminution de la fertilité, taux de mortalité élevé chez les jeunes veaux et les agneaux, problèmes périodontals chez les brebis, l'affaissement inégal du sol et le développement de crevasses dans le sol. On ne relève pas d'incidence particulière de maladies.

3.4 Céréales

La culture de céréales est traditionnellement considérée comme étant difficile sur les tourbières et des essais en Irlande et ailleurs le confirment. Cependant, de bonnes récoltes ont été produites (5 à 7 t/ha d'orge) (MacNaeidhe, Egan et Fleming, 1984).

Le plus grand succès fut obtenu sur les tourbes de fen profondes bien drainées. Les tourbes peu profondes doivent être mélangées uniformément avec le sous-sol minéral.

Les facteurs limitant la croissance de céréales sur des tourbières résiduelles profondes sont associés aux problèmes de récupération et aux carences périodiques d'oligo-éléments. L'incorporation profonde de chaux et de fertilisants est essentielle.

Plusieurs chercheurs rapportent des problèmes associés à une déficience en cuivre. Le cuivre intervient dans le développement normal des grains au niveau de l'assimilation d'hydrates de carbone lors du processus de maturation (Brown, Tiffin et Holmes, 1958). Une carence en cuivre affecte donc sérieusement le rendement de la récolte.

Fleming et Delaney (1961) ont démontré que le développement des grains de blé était inférieur sur des tourbières nouvèllement cultivées lorsqu'on n'avait pas appliqué de cuivre. Mulqueen et al. (1961) affirment que la carence en cuivre est un facteur important limitant la production d'avoine et d'orge sur des tourbières en couverture nouvellement cultivées.

La déficience en cuivre est plus prononcée en période sèche. Etant peu mobile, le cuivre reste en général dans la couche supérieure et devient un facteur limitant lorsque l'activité des racines est réduite dans cette couche en période de sécheresse. Une carence en cuivre est commune dans les céréales cultivées sur des tourbes profondes. Des expériences suggèrent que les plantes réagissent mieux pendant la deuxième année suivant l'application de cuivre au sol, possiblement à cause d'une incorporation plus homogène. Une application de chelate phénolique de cuivre sur les feuilles s'avère nécessaire pour réduire le risque de carence pendant la première année, suite à l'application au sol. Un taux de 20 kg/ha de $CuSO_4$ fournit une réserve amplement suffisante de cuivre pour une période d'au moins 5 ans (MacNaeidhe, Egan et Fleming, 1984).

Le potassium, le bore et le zinc seraient aussi associés au développement des grains, au métabolisme des hydrates de carbone ou à la translocation. Une croissance trop rapide, qui fait verser les récoltes, est également un problème rencontré fréquemment. Ce phénomène est dû à une libération excessive localisée d'azote (MacNaeidhe, Egan et Fleming, 1984). La rotation des cultures est très importante pour minimiser le risque de maladies infectieuses sérieuses (van Eck et al. 1984). L'incidence de certaines maladies est assez

fréquente sur les tourbières résiduelles nouvellement mises en culture. Celles-ci peuvent faire verser les plants et diminuer les rendements (Cole 1965; Lucas 1982).

MacNaeidhe et al. (1981) décrivent longuement les méthodes de culture, de contrôle de maladies et des mauvaises herbes ainsi que les propriétés du sol lors de cultures de céréales sur des tourbières résiduelles de Bord na Mona.

3.5 Culture de petits fruits (*Vaccinium* sp.)

La production de canneberges et de bleuets sur fonds de tourbières résiduelles existe depuis plus de 30 ans en Colombie-Britannique. Carncross (1979) décrit la préparation du terrain et les faits saillants de la production.

L'extraction commerciale d'environ 1 m de tourbe de sphaigne a laissé un fond de tourbe de 0,3 m . Les opérations de préparation du terrain incluent le défrichage, le nivellement, l'extraction des souches, l'installation de canaux de drainage et d'irrigation, et dans le cas des canneberges, celui d'un système d'arrosoirs pour protéger contre le gel.

La culture de canneberges, quoique plus lucrative, est aussi plus difficile. Parmi les problèmes principaux, il note les suivants: fertilisations, contrôle des mauvaises herbes et des insectes, oiseaux, mortalité hivernale et protection contre le gel.

La production de canneberges atteint en moyenne 2,3 millions kg/année, ce qui dépasse la consommation canadienne. La mise en marché est assurée par la coopérative internationale Ocean Spray. Le profit net avant déduction fiscale est de 600 000 à 1 million de dollars par année.

La récolte des canneberges est mécanisée, étant donné que les fruits mûrissent tous à peu près en même temps. Les "récolteuses" placent les fruits dans de grandes poches qui sont ensuite vidées dans des récipients d'une capacité de 410 kg. Ces derniers sont transportés par hélicoptère vers une aire de chargement de camions, afin de minimiser la circulation sur la tourbière qui endommage les plants.

D'autre part, la production de bleuets est de 0,5 million kg/année, pour un profit net avant déduction fiscale d'environ 200 000$. Les bleuets, mûrissant sur une période de 6 semaines, doivent être récoltés manuellement, sauf pour la dernière cueillette qui est mécanisée.

Volchkov et al. (1981) discutent de la culture de canneberges sur fonds de tourbières résiduelles recouvertes de 3 à 5 cm de sable grossier en Russie. Ils présentent des données sur les taux de croissance et les cultivars les plus prometteurs.

3.6 Estimation des coûts

En Irlande (Bord na Mona, 1984), on a estimé les coûts de récupération des tourbières résiduelles. Ceux-ci sont spécifiques au site et dépendent du degré

de restauration, du nombre de canaux de drainage supplémentaires nécessaires et du niveau de développement de l'infrastructure. Les coûts énumérés au Tableau I incluent le chaulage, la fertilisation et le labourage, la préparation des semis et l'ensemencement. Ces coûts n'incluent pas le drainage supplémentaire ni le développement de l'infrastructure.

TABLEAU I

Coûts reliés à différentes cultures sur tourbières résiduelles

(Bord na Mona)

Cultures	Méthodes de culture	Coûts $CD/ha
Fourrage	Culture en surface	1 050
Fourrage	Labour en profondeur	1 750
Céréales	Culture en surface	1 320
Légumes	Culture en surface	13 160

4.0 FORESTERIE

Les tourbières résiduelles offrent de grandes surfaces bien drainées et initialement libres de mauvaises herbes et de parasites. Le reboisement et la production de biomasse combustible sont les options privilégiées dans plusieurs pays. Pour ce faire, les espèces les plus prometteuses sont le saule *Salix* sp., l'aulne *Alnus* sp., le bouleau *Betula* sp. (Stenbeck, 1985), le pin sylvestre *Pinus sylvestris* , le pin blanc *Pinus strobus* , l'épinette noire *Picea mariana* , le mélèze *Larix* sp. et le peuplier *Populus* sp. (Ferda 1972, Ferda 1975, Farnham 1980, Pohjonen 1980b).

Avant d'entreprendre des travaux de reboisement sur fond de tourbière résiduelle, il est essentiel d'échantillonner une couche de tourbe de 0 - 10 cm afin de déterminer le pH, les concentrations d'azote ammoniacale, d'azote-nitrite, d'azote totale, de phosphore et de potassium, ainsi que la conductivité et le taux de matière organique présents (Kaunisto, 1983b). En plus de ces paramètres, la teneur en calcium doit être vérifiée dans la couche minérale sous-jacente.

4.1 Méthodes de réclamation

Deux méthodes de réclamation sont courantes (Ferda, 1986). La première consiste en l'utilisation des surfaces avec le minimum de changements physiques lorsque les conditions le permettent (routes d'accès, drainage, épaisseur et qualité de la couche résiduelle de tourbe). Le choix de cette méthode est

également influencé par la nature et la qualité de la couche minérale sous-jacente. Lorsque celle-ci est principalement composée d'argile, une épaisseur de 50 cm de tourbe sous-jacente est préférable, tandis que dans le cas d'une couche minérale sablonneuse, on peut obtenir de bons résultats avec une épaisseur de 30 cm de tourbe résiduelle.

La deuxième méthode consiste à effectuer un labour profond, où l'on mélange une partie du sous-sol minéral avec des épaisseurs de tourbe résiduelle variant de 50 à 70 cm. Ce procédé permet à la végétation qui sera mise en place de retirer les éléments nutritifs de la couche minérale, cette dernière étant souvent plus riche que la couche organique superposée (Ferda 1972, Ferda 1975). De plus, un tel labour permet de diminuer les taux de chaulage et de fertilisation.

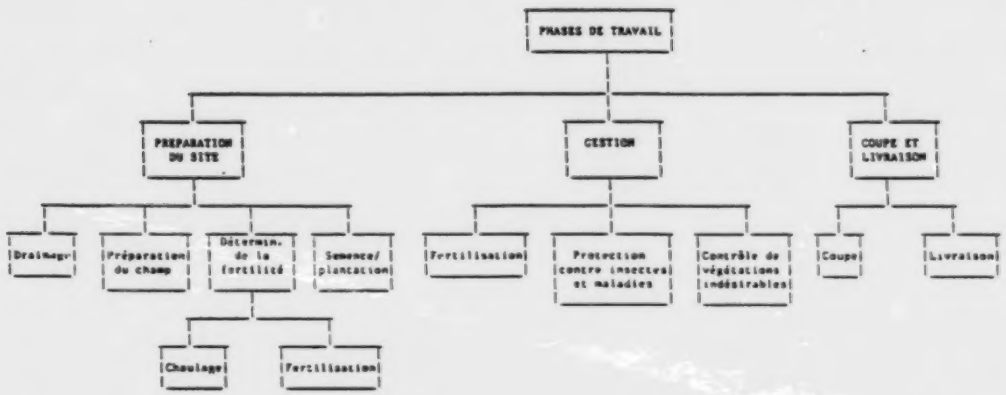
4.2 Phases de travail

On estime à 50 000 ha la superficie totale des tourbières résiduelles en Finlande à la fin de ce siècle (Kukkonen 1983, Pohjonen 1980a). De façon générale, la couche résiduelle (10 à 50 cm) est humifiée, le pH est bas et la teneur en éléments fertilisants est basse. La couche minérale sous-jacente est habituellement composée de sable ou d'argile.

La Figure 2 résume les phases de travail depuis la préparation du site jusqu'à la coupe forestière lors du reboisement d'une tourbière résiduelle.

Figure 2: **Phases de travail nécessaires au reboisement d'une tourbière résiduelle.**

(adapté de Kukkonen 1983).



La phase de préparation du site comprend la modification du système de drainage, si nécessaire, et le labourage du terrain à une profondeur de 20 à 50 cm, afin de faciliter le développement des racines. Selon les espèces prévues, il peut être nécessaire de chauler. Le taux de fertilisation sera déterminé par les propriétés de la couche de tourbe résiduelle. On procède ensuite à la plantation plutôt qu'à la semence, puisque cette pratique réduit considérablement le problème de compétition avec les mauvaises herbes.

La gestion du site implique principalement la fertilisation, surtout si les racines des arbres ne peuvent rejoindre la couche minérale sous-jacente et/ou que celle-ci ne contienne pas de réserves suffisantes d'éléments nutritifs (Kaunisto, 1983a, 1983b). Il est important d'assurer une protection contre les maladies, les insectes nuisibles, ainsi que les mauvaises herbes, soit par des méthodes mécaniques, soit par l'utilisation de contrôles chimiques adaptés aux sols organiques.

La période de croissance varie de 5 ans pour la production de biomasse combustible jusqu'à 40 ans pour la production commerciale de bois d'oeuvre (Kukkonen 1983, Gallagher et al. 1984). La coupe et la livraison dépendent des espèces cultivées et de la distance aux marchés. Cette phase peut représenter jusqu'à 55% du coût total de production (Kukkonen, 1983).

4.3 Classes de tourbières résiduelles

Valk (1986) estime à 3 000 ha la superficie des tourbières résiduelles en Estonie. Ces sites peuvent être regroupés en 4 classes selon l'épaisseur de la couche résiduelle de tourbe et la qualité du drainage:

1- plus de 0,5 m de tourbe avec bon drainage;

2- plus de 0,5 m de tourbe avec mauvais drainage;

3- moins de 0,5 m de tourbe avec bon drainage;

4- moins de 0,5 m de tourbe avec mauvais drainage.

La première classe demande un minimum de préparation et dans la plupart des cas, les travaux de fertilisation et de plantation peuvent être entrepris sans délais. Les classes 2 et 4 requièrent des travaux supplémentaires de drainage, puisque les arbres ne pourront se développer de façon satisfaisante ou encore, périront si le sol est trop humide. Afin d'améliorer la fertilité des sols dans la classe 3, un labour profond est recommandé afin d'y mélanger une partie de la couche minérale sous-jacente, qui contribue à fertiliser le sol.

4.4 Reboisement naturel

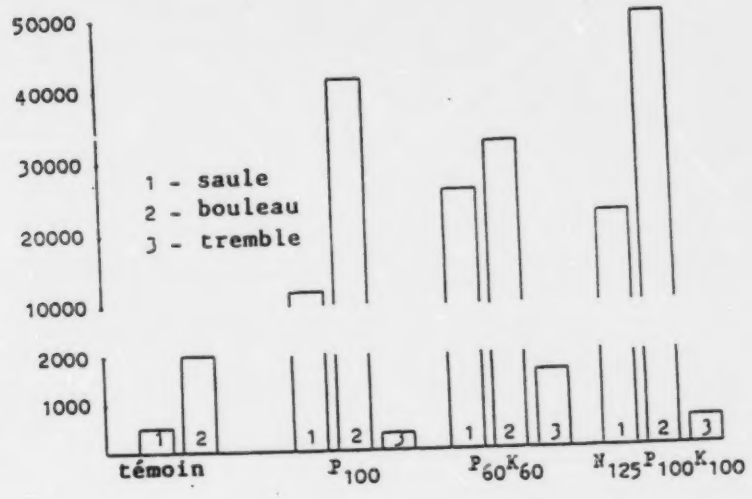
Les effets du chaulage sur la croissance des saules et des bouleaux (Kaunisto, 1985c), ainsi que les taux de propagation naturelle sont à l'étude depuis 1983 (Kaunisto 1985d, 1988).

Au cours de ses travaux de reboisement sur tourbières résiduelles, Kaunisto (1981) a remarqué que deux espèces de bouleaux indigènes, *Betula pendula* et *Betula pubescens* , s'établissaient et se développaient naturellement sur des sites préparés et fertilisés pour d'autres espèces d'arbres. Les graines de ces bouleaux étaient transportées naturellement sur des distances supérieures à 100 m et les jeunes arbres se développaient rapidement où le sol organique avait été fertilisé au taux de 2 000 kg/ha de roche phosphatée (14,2% P), 200 kg/ha de muriate de potassium (49,8% K) et 110 kg/ha d'azote. Les sections chaulées (à pH 5,0 - 6,0) et fertilisées au même taux présentaient les pires résultats; dans ce cas, l'application de chaux nuisait à l'établissement spontané des bouleaux. Ce processus représente donc une option plus économique pour le reboisement de sites abandonnés (Kaunisto, 1983a).

Les chercheurs ont observé sur des sites fertilisés un reboisement naturel par le saule, le bouleau et le peuplier. Parmi ces espèces, le bouleau semble être celui qui s'adapte le plus rapidement (Figure 3). Cependant, le succès de ces opérations repose grandement sur les taux de fertilisation en NPK. En général, les plantations requièrent au moins 100 kg/ha de P_2O_5 et un peu moins d'azote et de potassium. La fertilisation en bande de 0,7 à 0,8 m est plus efficace que l'application à la volée, puisque cette dernière favorise aussi le développement de mauvaises herbes (Valk, 1986).

Figure 3: **Nombre d'arbres par hectare régénérés naturellement sur des sites résiduels.**

(Valk, 1986)



Les travaux de Podzharov (1983) ont également démontré la facilité avec laquelle plusieurs espèces de bouleaux (*Betula* sp.) colonisaient les tourbières résiduelles à une densité d'environ 200 arbres/ha. En Byelorussie, 40% des 180 000 ha de tourbières résiduelles sont aménagées pour le reboisement. Les jeunes arbres (pins, épinettes, peupliers) de 1 à 2 ans sont plantés au printemps à une densité de 5 000 à 7 000 arbres/ha. Des bandes de bouleaux agissent comme coupe-vent et protègent contre d'éventuels feux de forêt.

4.5 Epaisseur de la couche résiduelle de tourbe

Selon les travaux poursuivis en Tchécoslovaquie par Ferda (1978), l'épaisseur optimale de la couche résiduelle de tourbe serait de l'ordre de 60

cm. Dans de telles conditions un taux de fertilisation de 100 kg/ha d'azote, 160 kg/ha de K_2O et 130 kg/ha de P_2O_5 (Thomas meal) semble produire de très bons résultats pour la croissance de *Picea* sp., *Pinus* sp. et *Betula* sp.

Depuis 1979, Kaunisto (1985a, 1985b) étudie différents taux de fertilisation en fonction de l'épaisseur de la couche résiduelle de tourbe. Ses travaux comparent les rendements de croissance obtenus sur sites labourés profondément et sur sites non-labourés.

Les travaux de Kaunisto (1986) tendent à conclure qu'une épaisseur de 20 à 30 cm de tourbe résiduelle donnerait de très bon rendements, cependant, l'auteur hésite à conclure qu'il s'agirait d'une condition optimale. Dans le cas où la couche résiduelle est supérieure à 40 cm, les arbres deviennent dépendants de la fertilisation (Kaunisto 1988, Kaunisto 1986, Carey et al. 1975).

Kaunisto (1982) a démontré que les résultats de croissance peuvent être aussi bons dans le cas de sites non-labourés que sur ceux qui subissent un labour profond, à condition de très bien mélanger les engrais dans la tourbe jusqu'à 30 cm de profondeur.

TABLEAU II

Développement de pins (cm) au cours de la troisième année selon la préparation et la fertilisation du site

(adapté de Kaunisto, 1982)

Préparation du site	Fertilisation*				
	Contrôle	PK	NPK	PK chaux	$\bar{X}$
Contrôle	24,0	33,3	31,8	31,7	30,2
Labour (0 à 30 cm)	28,0	36,7	36,7	31,9	33,3
Labour profond (100cm)	26,4	34,0	38,4	35,7	33,6
$\bar{X}$	26,1	34,7	35,6	33,1	32,5

* PK = 1 000 kg/ha (0 - 8,6 - 16,6)
NPK = PK + 110 kg/ha d'azote
PK + chaux = PK + 2 000 kg/ha chaux dolomitique.

La moyenne des résultats (Tableau II) suggère qu'il n'y a pas d'avantage important à effectuer un labour profond, qui de plus, accélère la décomposition du sol organique. On remarque les meilleurs rendements sur les sites fertilisés sans chaulage.

Huikari (1985) évalue les besoins en fertilisants en fonction de la densité de plantation. Les résultats préliminaires indiquent qu'une épaisseur de tourbe résiduelle supérieure à 43 cm empêche les racines de se rendre au sol minéral et requiert une fertilisation en conséquence. De plus, la qualité des arbres diminue avec une augmentation dans la densité de plantation.

Carey et al. (1975) ont étudié le développement des racines des arbres dans des sols tourbeux résiduels après 18 ans de croissance. Ils remarquent que le système radiculaire des arbres les mieux développés a pénétré la couche

minérale sous-jacente. Les racines de spécimens renversés par les vents ne descendaient pas plus que 30 cm dans le sol organique. Les auteurs attribuent ce fait à la fertilisation en surface, de sorte que les racines ne se sont pas étendues dans le sol minéral pour se nourrir et conséquemment, solidifier l'arbre.

4.6 Préparation et fertilisation du site

Les travaux de Laiho (1985) démontrent qu'il est essentiel de bien préparer le site en contrôlant les mauvaises herbes et en fertilisant adéquatement afin de minimiser les dommages causés par le gel. Malgré la tendance à croire qu'un sol organique serait plus fertile, sa préparation exige autant de soin qu'un sol minéral arable.

En général, la préparation du site comprend le chaulage, si nécessaire, pour ajuster le pH du sol entre 3,8 et 4,3 (KCl), et une application d'engrais bien mélangé au sol à une profondeur de 10 à 15 cm (Ferda, 1986). Le Tableau III résume les taux d'engrais à appliquer au printemps selon les réserves présentes dans le sol.

TABLEAU III

Taux de fertilisants requis selon les réserves du sol

(Ferda, 1986)

Réserves dans le sol	Quantités présentes		Taux requis	
	K	P	K	P
	mg/l		kg/ha	
très basses	< 20	< 5	130	220
basses	21 - 40	6 - 20	70	130
moyennes	41 - 70	21 - 40	30	50
élevées	71 - 120	41 - 60	-	-
très élevées	> 120	> 60	-	-

4.7 Production de biomasse

En Irlande, on estime à 80 000 ha la superficie des tourbières résiduelles résultant de l'exploitation pour la production d'énergie. Depuis 1972, Bord na Mona s'intéresse activement à la récupération de ces tourbières pour la production de biomasse à croissance rapide, renouvelable par coupe simple à intervalles de 5 ans. Les rendements de production de biomasse se situent généralement entre 7 et 25 tonnes de matière sèche par hectare (Farnham, 1980; Pohjonen, 1980b). Avec des rendements supérieurs à 20 tonnes de matière sèche/ha sur une superficie de 400 ha, il est possible d'opérer continuellement une centrale thermique de 5 MW (Healy, 1980).

Selon O'Carroll (1984), les premiers essais de reboisement sur tourbières en Irlande remontent à 1890. Ces travaux furent un échec total dû au manque d'un apport suffisant de phosphore et à l'utilisation d'espèces non adaptées. La pratique générale demande une application de 72 kg/ha de phosphore tandis que le choix des espèces doit tenir compte du contexte géographique et climatique du site. En 1984, on estimait à 2 100 ha (6,4% des tourbières) la superficie des tourbières résiduelles aménagées pour le reboisement. Après 30 ans de travaux expérimentaux, il reste encore des problèmes de drainage à résoudre (espacement et profondeur optimaux des canaux).

4.8 Estimation des coûts

Une évaluation économique du reboisement des tourbières résiduelles rapportée par Gallagher et al. (1984) démontre les avantages d'utiliser un tel

site plutôt que d'aménager une tourbière vierge pour les mêmes buts. En plus d'obtenir de meilleurs rendements (O'Carroll, 1984), l'investissement initial est de l'ordre de 1 100 $CD (1984)/ha pour la fertilisation et la plantation, auxquels viennent s'ajouter les coûts d'entretien de 900 $CD (1984)/ha répartis sur une période de 35 ans. Il est important de noter que ces évaluations ne tiennent pas compte de problèmes potentiels que peuvent causer le vent et le froid. Ces deux facteurs peuvent débalancer tous les estimés; d'où l'importance d'évaluer soigneusement la situation physique du site (élévation, orientation, exposition) avant d'entreprendre les travaux.

5.0 REGENERATION ET RENATURATION

Lorsqu'on favorise la succession naturelle de la végétation sur une tourbière résiduelle en vue d'une utilisation économique (e.g. copeaux de bois), il s'agit de renaturation. D'autre part, lorsqu'on favorise l'élévation de la nappe phréatique en bloquant les canaux de drainage, entre autres, il s'agit de remouillage. On peut parler de régénération, lorsqu'après des siècles, on obtient une flore typique des tourbières et que le processus de formation de la tourbe reprend. Le Tableau IV, nous montre la durée des différentes phases de régénération.

TABLEAU IV

Phases de régénération

(Blankenburg et Kuntze, 1986)

Phases	Formes	Durée
1	remouillage	années
2	renaturation	décennies
3	régénération	siècles

Sur les sites où il n'est pas possible d'éliminer l'eau sans pompage, la pisciculture, les loisirs ou la conservation de la flore et la faune seraient des utilisations plus judicieuses (McNally, 1984).

5.1 Régénération

Pour favoriser la régénération efficace d'un site, Nick (1988) indique qu'en plus de connaître l'épaisseur de la couche de tourbe restante et son degré de décomposition, il faut connaître le climat, le niveau de la nappe phréatique, la topographie, la méthode utilisée pour extraire la tourbe, le sous-sol minéral et la capacité de rétention d'eau de la tourbe.

Schmatzler et Tüxen (1980), Briemle (1981), Müller (1980) et Salonen (1987) ont démontré qu'en RFA et en Finlande la régénération débutait sans aide. Cependant, ils ont remarqué que cela se produit de façon non-uniforme sur les tourbières résiduelles, dû à l'irrégularité du niveau de la nappe phréatique. Pour corriger cette situation, il faut bloquer les sorties de drainage ou remplir de tourbe les canaux de drainage. Ceci provoque l'élévation du niveau d'eau et favorise le retour de la flore et la faune caractéristiques des tourbières.

Blankenburg et Kuntze (1986) nous font part qu'en RFA, dans la dernière décennie, la régénération des tourbières domine à cause de la pression exercée par les mouvements écologiques. Seuls les endroits considérés inaptes à la conservation naturelle sont utilisés pour la foresterie et l'agriculture.

En RFA, les tourbières se divisent en trois groupes:

- les surfaces propices à la conservation: l'extraction de la tourbe y est interdite;
- les surfaces ou l'extraction est permise: celles-ci doivent être aménagées en vue de la conservation suite à l'exploitation;

- les surfaces impropres à la conservation: on peut en extraire la tourbe.

Le gouvernement de la Basse Saxe (RFA) se propose de protéger 65 000 ha de tourbières ombrotrophes, dont 30 000 ha demeureront à l'état vierge et le reste sera régénéré en vue de la conservation.

L'étape critique de la régénération est le remouillage. D'après Blankenburg et Kuntze (1986), Nick (1984) et Zander (1986), il faut tout d'abord bloquer efficacement les canaux et les sorties de drainage avec de la tourbe humifiée.

Celle-ci permet de recouvrir le fond des canaux où le sol minéral est à découvert. De cette façon, on empêche l'eau de s'infiltrer dans le minéral en bloquant les entrées capillaires. Un recouvrement de plastique déposé dans le fond des canaux peut remplacer la tourbe humifiée, après quoi les canaux sont remplis de tourbe provenant de la couche restante.

Pour que le remouillage soit efficace, le niveau d'eau doit varier entre 5 cm au-dessous et 5 cm au-dessus de la surface. Pour s'en assurer, des points de contrôle du débit d'eau sont requis pour éviter le lessivage de la couche de tourbe lors de périodes de précipitations prolongées. Néanmoins, les précipitations doivent être supérieures à la perte en eau par évaporation ainsi qu'à l'écoulement de sortie.

Il faut inonder le lieu le plus rapidement possible afin d'éviter la colonisation par des espèces indésirables qui pourraient entraver à l'établissement d'une végétation typique des tourbières.

Etant donné que la couche de tourbe restante est perméable, il faut se doter d'une zone tampon de 30 à 80 m autour de la tourbière résiduelle.

Pour rétablir la végétation, notons qu'il faut au moins 50 cm de tourbe restante humifiée (tourbe noire) avec 30 cm de Bunkerde (tourbe contenant des graines et des spores de la végétation originale, von Post d'au moins 7) ou faire la transplantation de végétation caractéristique à partir d'une tourbière vierge. La revégétation des tourbières sera favorisée par un taux élevé de spores et de graines sur le site (Bunkerde ou tourbe vierge transplantée) et à la périphérie du site, ainsi que par le maintien de la qualité de l'eau.

Ces méthodes de régénération furent utilisées aux Pays-Bas où Schouwenaars (1982) rapporte qu'il ne reste que 8 800 hectares de tourbières ombrotrophes. De plus, ces dernières furent dérangées par l'activité humaine (drainage, extraction, brûlis). Depuis 1970, on tente de restaurer ces tourbières en favorisant le retour à l'état naturel.

Après 10 ans, Blankenburg et Kuntze (1986) font état d'une tourbière régénérée, recouverte à 95% de plantes typiques. Cette tourbière est en voie de retourner à l'état ombrotrophe, cependant, il est difficile de prévoir à long terme le processus de développement.

Nick (1988) estime le coût de la régénération à 181 000$CD, incluant la recherche, pour une surface de plus de 50 ha.

5.2 Renaturation

5.2.1 Formation de lacs

D'après Stenbeck (1985) la tourbière résiduelle peut être restaurée de façon à former un lac. Ceci dépendra de la quantité et de la distribution de l'eau sur la tourbière. Lorsqu'on forme un lac avec une tourbière résiduelle, il faut que les canaux de drainage soient bloqués pour permettre la venue d'une flore et faune caractéristiques d'un tel lieu.

Si on régénère une tourbière résiduelle en fonction de la venue d'oiseaux migrateurs, il faut porter attention aux facteurs suivants (Pehrsson, 1980):

- l'endroit doit être près d'une route migratoire;
- l'endroit doit être éloigné des autres lieux de repos pour permettre aux oiseaux de s'y déplacer facilement, s'il y a un manque en nourriture ou s'ils sont importunés;
- on doit s'assurer d'une bonne provision d'eau et de pouvoir en contrôler le niveau.

Pettersson (1985) fait état d'une compagnie suédoise productrice de tourbe qui, en 1984-1985, a renouvelé son permis d'exploitation pour lui permettre d'extraire complètement le dépôt de tourbe. Dans 10 à 15 ans, la compagnie convertira ce site résiduel en lac, puisque l'entourage n'est pas propice au drainage spontané.

Ce lac ne sera toutefois pas à l'abri des menaces de pollution provenant de déchets municipaux et d'usines de purification d'eau potable. L'infiltration d'eau contaminée provenant des alentours doit être prévenue, et pour ce faire, on prévoit ériger un mur de tourbe d'une épaisseur de plus de 50 m. Celui-ci sera de 0,5 à 2,0 m au-dessus du niveau d'eau du lac et en fera le tour, sauf au point de sortie d'eau vers la rivière. Le fond du lac et la rive seront en pente douce en allant vers la sortie d'eau et la revégétation sera stimulée par des espèces appropriées à cet environnement.

Les rives du lac seront arrondies. Une presqu'île divisera le lac en deux; une tour d'observation pourra y être construite. Les avantages que pourra retirer la population du comté sont:

- une surface d'eau douce de 200 ha, entourée de végétation caractéristique d'un tel environnement;
- diverses activités s'avèrent possibles: la pêche, la chasse, les études ornithologiques et les sports aquatiques.

5.2.2 Pisciculture

De grandes superficies en URSS sont constituées de tourbières exploitées, dont il ne subsiste que de grandes cavités. Ces dernières peuvent être utilisées pour la pisciculture. Une couche de tourbe résiduelle de 20 cm est suffisante pour permettre la création de viviers lorsqu'on a exploité la tourbière par aspirateur. Il faut utiliser le site le plus rapidement possible lorsque l'extraction est terminée, afin d'éviter l'envahissement par les plantes. Les tourbières de transition résiduelles et les fens s'avérent les plus propices à la pisciculture.

Selon Mints et Khristenko (1980), les lacs situés sur des tourbières sont pauvres en nourriture. La quantité de zooplancton de ces eaux n'est que de 3,0 à 3,9 mg/l. Cette insuffisance de nourriture est due à l'acidité du sol, au peu d'activité microbienne, à l'abondance des substances humiques et à une déficience en éléments minéraux. La combinaison de ces facteurs inhibe la croissance des poissons.

La productivité naturelle des lacs dans les sols tourbeux est de 70 à 90 kg de poisson/ha, en comparaison avec un lac dans un sol minéral qui produit de 180 à 250 kg de poissons/ha. Pour augmenter la productivité, il faut ajouter de la chaux au fond de tourbe, des fertilisants durant la période de végétation et de la nourriture concentrée pour les poissons. De cette façon, on peut produire de 1 200 à 1 500 kg de poisson/ha. La carpe (*Cyprinus carpio*) est une des espèces de poisson compatible à une nourriture à base de tourbe et pouvant proliférer dans un environnement sévère.

Notons que des travaux de viviers sur sols tourbeux se poursuivent en Biélorussie (RSSB) (Krasilnikov, 1980) et en Russie (RSSR) (Galaktionova, 1983), où on retrouve 16 entreprises piscicoles établies sur une superficie de 6 000 ha de tourbières résiduelles.

6.0 REGLEMENTATION AU MINNESOTA (USA)

Au Minnesota, la tourbe est exploitée commercialement depuis plus de 50 ans. Suite à l'abandon des activités d'exploitation, très peu d'efforts ont été mis en oeuvre pour réhabiliter les tourbières résiduelles. La revégétation ne se fait pas toujours naturellement, ainsi beaucoup de sites restent dénudés. Afin de remédier à ce problème, l'assemblée législative du Minnesota a adopté, en 1985, des règlements relatifs à la régénération des tourbières exploitées. Ces règlements sont flexibles, et ainsi peuvent accomoder les caractéristiques spécifiques de chaque tourbière.

Buttleman et al. (1986) présentent les quatre volets de ces règlements. Le premier volet définit les buts, la portée et la politique des règlements. Le deuxième concerne les standards de réclamation des tourbières résiduelles, tandis que le troisième souligne les exigences requises des présentes et futures opérations. Quant au dernier volet, celui-ci décrit en détail les procédures et les standards lors de différends, d'imposition de pénalités, et d'amendement ou d'annulation de permis.

D'après ces règlements, les producteurs doivent obtenir un permis d'exploitation avant de débuter les opérations; aussi, seules les tourbières ayant une superficie entre 16 et 1 215 ha sont admissibles. Pour obtenir un permis, le requérant doit fournir de l'information sur l'environnement et avoir un plan pour l'extraction et la réclamation du site. De plus, l'emplacement de l'usine, doit être indiquée et le plan d'extraction doit tenir compte de l'option de réhabilitation envisagée.

En ce qui a trait à la réhabilitation du site, le producteur a deux options. La première est d'aménager le site comme habitat naturel sauvage ou en fonction de l'agriculture, la foresterie, ou la production de biomasse à rendement énergétique. La deuxième option, qui consiste à stabiliser la surface avec une végétation caractéristique des tourbières, doit être en mesure de rencontrer des standards de régénération après 5 ans.

Il faut donc prévoir une administration à long terme du site, qui dépasse la simple responsabilité du producteur; il doit y avoir un accord entre le producteur et le propriétaire du terrain. Si la première option est retenue, le producteur doit, lorsqu'il soumet une demande de permis d'exploitation, donner l'assurance d'un accord entre lui et le propriétaire du terrain, démontrant les capacités financières et administratives du propriétaire suite à l'abandon des activités d'extraction. Un plan détaillé de l'option proposée, incluant l'administration du site, doit être fourni. Le propriétaire du terrain prend donc part au processus de réclamation. Si ce dernier ne veut pas assumer cette responsabilité, le requérant devra opter pour la régénération du site.

La dernière obligation du producteur concerne le nettoyage. Tous les déchets, les débris et l'équipement mobile doivent être enlevés du site. Les édifices, installations et chemins d'accès doivent être éliminés, à moins que ceux-ci peuvent être utilisés de façon bénéfique. On peut ensuite procéder à la revégétation du site, tout en étant certain que celui-ci ne sera pas une source de pollution ou autres dangers et aura besoin d'aucun entretien.

De concert avec ces règlements, le "Minnesota Department of Natural Resources" entrepris un programme de recherche sur la réclamation des tourbières résiduelles, afin d'offrir une aide aux opérateurs dans leurs efforts de réhabilitation.

Un aspect de cette recherche concerne l'essai de graines et de fertilisants pour l'établissement de végétation en surface. Un autre aspect concerne les méthodes d'amélioration et de promotion de la revégétation par les tourbières vierges environnantes. Un dernier aspect important concerne l'établissement de standards, par lesquels le succès de la revégétation pourra être estimé , et l'amendement de certains règlements à la lumière de nouvelles informations.

Parmi les autres sujets de recherche qui retiennent l'attention, citons: les types de tourbe, les méthodes d'extraction, les sites existants et abandonnés et une variété d'espèces de plantes, comprenant les arbres et les plantes herbacées et non-vasculaires. La plupart des producteurs ont coopéré à cet effort de recherche en permettant l'utilisation de plusieurs sites abandonnés.

CONCLUSION

La réclamation des tourbières exploitées doit être planifiée bien avant la cessation des activités d'extraction. Cette approche permet de diminuer les coûts, en plus d'assurer de meilleures conditions pour les fins visées. De plus, les travaux de récupération devraient être entrepris dès que possible suite à l'abandon des activités d'extraction, afin d'éviter les problèmes causés par la revégétation par des espèces indésirables et l'utilisation d'herbicides et d'équipements qui pourraient avoir un impact négatif sur l'environnement (Ferda, 1986).

Les tourbières, où l'extraction s'est effectuée par aspirateur, offrent un net avantage sur celles qui furent exploitées par la coupe en blocs; l'aménagement physique y est minimal. Les chances de succès sont augmentées moyennant une fertilisation (NPK) bien dosée et en favorisant l'implantation d'espèces adaptées aux conditions existantes (Mikola, 1978).

Clarke-Whistler (1985) estime que le potentiel agricole de la tourbière abandonnée dans la "plaine de Shippagan" (no 530), dans son état actuel, est bas. L'utilisation potentielle se limiterait aux sections non-coupées, mais leur étroitesse (< 3 m) limiterait l'accès à l'équipement. Dans les sections coupées, le contrôle du niveau d'eau serait très difficile; de plus, au-delà de 75% du fond de la tourbière est sous le niveau de la mer. L'infiltration d'eau salée serait donc un important facteur limitant. L'option la plus prometteuse consisterait à niveller la surface; cependant, les profondeurs de tourbe et le niveau de la nappe phréatique devraient être étudiés sérieusement avant d'estimer la faisabilité économique d'une entreprise agricole potentielle.

Le niveau d'eau doit être contrôlé en fonction de la culture envisagée; il doit être assez bas pour permettre une bonne aération et assez élevé pour minimiser les pertes dues à l'oxidation. Des cultures, telles l'avoine, l'orge et le pâturage, sont plus tolérantes que les légumes aux niveaux d'eau élevés et aux conditions acides.

L'absence de planification pour la récupération d'une tourbière, suite à l'abandon des activités d'extraction, peut diminuer considérablement le potentiel de cette tourbière pour l'agriculture, d'où l'importance de prévoir les conditions d'abandon. Parmi les considérations importantes, soulignons la profondeur de la couche de tourbe de sphaigne au-dessus de la couche de base sphaigne-arbustes (Valmari 1982, Jelley et Burke 1984).

A la station de recherche de Aitoneva (Kihniö, Finlande), les chercheurs du "Parkano District State Forestry Board" ont entrepris depuis 1970 une série de travaux scientifiques ayant pour but d'étudier le reboisement des tourbières résiduelles. Une tourbière à sphaigne ombrotrophe sert de site expérimental.

Leurs travaux, ainsi que ceux d'autres pays, tendent à démontrer le grand potentiel des tourbières résiduelles pour des utilisations en foresterie, que ce soit pour la production de biomasse, de bois d'oeuvre ou encore pour la revégétation naturelle. Plusieurs de ces travaux sont récents, toutefois, tous les résultats ne convergent pas vers les mêmes conclusions.

Au Nouveau-Brunswick, étant donné le climat propice au développement de tourbières ombrotrophes, il serait possible d'envisager la régénération de tourbières résiduelles. De plus, vu l'emplacement géographique de certains sites abandonnés, une combinaison des options identifées peut être considérée.

On doit aussi garder l'oeil ouvert sur ce qui se passe au Minnesota, afin de voir les effets de la réglementation sur l'industrie de la tourbe et l'environnement dans les années futures.

1.0 INTRODUCTION

Throughout history, peat bogs have been considered as useless and unproductive areas. Eventually, it was found that peat could be used for horticultural and energy purposes. However, what can be done when peat deposits are exhausted?

The following study deals with the potential uses of cut-over bogs following commercial peat harvesting. Three main uses for cut-over bogs have been identified, namely agriculture, forestry and regeneration. These options are discussed in detail in the following pages.

The authors of this report wish to express their gratitude to Mr. Jacques Thibault of the Department of Natural Resources and Energy, and to Mrs Margaret Carroll of the Canadian Institute of Scientific and Technical Information, for their close and valuable collaboration. We also wish to thank the resource persons who have willingly accepted to discuss their ongoing work projects.

2.0 GENERAL OVERVIEW

Once the exploitation of a peat bog is over, a residual layer of peat, of variable thickness, remains. This layer is not harvested, as it can contain tree stumps, trunks and branches, stones, have a high mineral content, or can be situated below sea level, and as such, be contaminated by salt.

The residual peat bog can be left intact, in order to minimize environmental impact, as bogs serve as a buffer between terrestrial and aquatic ecosystems.

Lévesque and Mathur (1985) have noted a number of advantages and disadvantages related to cut-over bogs and their reclamation.

Among the advantages are:

- in agriculture, a constant water supply to the crops;
- the existing drainage system facilitates reclamation;
- existing installations (buildings, access roads, tension lines) can be used for reclamation purposes.

Problems associated with cut-over areas are:

- the depth of the residual layer can restrict reclamation options, as well as their lifespan from an economical viewpoint;
- stones, tree trunks and stumps can cause ploughing problems.

In order to effectively reclaim cut-over bogs, it may be necessary to either raise or lower the water table and to strengthen the surface, according to the chosen option.

Where block cutting has taken place, the reclamation method depends on the extent of bog harvested, the nature of the peat and the mineral subsoil, as well as the area surrounding the bog.

When considering reclamation options for cut-overs, a number of factors must be taken into consideration:

- intensity of the drainage carried out;
- hydrology and possibility of carrying out further drainage following suspension of peat extraction;
- thickness of the remaining peat layer;
- physical characteristics of the peat (i.e. peat type and degree of humification);
- mineral subsoil (physical and chemical properties) and topography;
- depth of the cut-over and its relation to the surrounding arterial drainage;
- necessity of developing new methods suited to peatlands rather than mineral soils, depending on the reclamation option chosen.

In 1917, the Irish Peat Inquiry Committee stated that peat deposits used for fuel production should no longer be considered an irrational exploitation of natural resources, but as a means of extending and developing agriculture by using cut-over bogs.

In 1955, an intensive research program on the uses of cut-over peat bogs was launched with the collaboration of farmers and Bord na Mona, contributing to extend the exploitation of cut-overs to a commercial scale.

In 1972, the Agricultural Science Association in Ireland recommended the setting up of a national coordination committee, for a better utilization of peat bogs, more specifically, to leave some peat bogs in their natural state and to use the majority of cut-over bogs for agricultural, forestry and horticultural purposes.

It is to be noted that the same process also took place in Europe, Scandinavia and the USSR.

It is preferable to develop a cut-over bog without delay, to avoid the rapid encroachment of small shrubs and subsequent clearing operations, which cause additional expense. It is also necessary to eliminate all wood residues (i.e. branches, stumps and trunks) and to allow the water table to rise or fall, according to the projected utilization.

3.0 AGRICULTURE

Cut-over sphagnum bogs can potentially become productive soils for a variety of crops, with adequate site preparation and appropriate cultivation methods. Well managed organic soils are porous, easily cultivated, have high water retention properties and a high cationic exchange capacity (Clarke-Whistler, 1985). Moreover, the incidence of disease is low, since few micro-organisms live in peat (Dooley and Dickinson, 1967). Under favourable climatic conditions, vegetables such as carrots, potatoes, onions, cauliflower, celery and lettuce yield good crops. Cereals such as oats, barley and rye, as well as fodder and small fruit, such as blueberries and cranberries, have also been successfully produced.

However, some conditions associated with sphagnum bogs have negative effects on the agricultural yield, namely:

- high water table;
- inadequate aeration;
- high acidity level;
- deficiency in major nutrients and trace elements.

Moreover, the peat harvesting process can have negative effects on the physical structure of the peat, which is directly related to hydraulic conductivity, water retention and structural stability (Clarke-Whistler, 1985).

Furthermore, organic soils tend to subside, due to accelerated degradation, when drainage is improved and thus offer less resistance than mineral soils to heavy equipment, which must be modified.

World leaders in the agricultural utilization of cut-over bogs are Ireland, the USSR, the Netherlands and the Federal Republic of Germany. In Ireland, research and experimentation concentrate on production of vegetables, cereals, fodder, as well as cattle and sheep breeding. The main reutilization of bogs in the USSR seems to be conversion to pastureland (Boiko, 1983), although vegetable and cereal crops are also grown.

Lacking in agricultural land, the Netherlands reclaim cut-over bogs mainly for the production of potatoes, rye, oats, oil-producing seeds and flowers. The lesser quality bogs are converted to pastureland (Mohrmann). The Federal Republic of Germany has developed similar utilizations to those in the Netherlands; however, increasing pressure towards conservation and regeneration is leading research in those directions.

Before considering crop production on a cut-over bog, a thorough examination of its agricultural potential is necessary. Wood (1981) reports on the agricultural capability of an exhausted bog, following sphagnum peat mining in British Columbia. The report investigates the soils according to the Canada Land Inventory System, which evaluates agricultural potential, and discusses other important factors, such as climate, ecology and drainage. It also deals with some economic considerations. With drainage and appropriate cropping methods, the climate and soils are deemed suitable for agriculture, although above average preparation time and costs would be necessary. Production of cranberries, blueberries and certain vegetables is suggested.

According to Clarke-Whistler (1985), the chemical and physical properties of the sphagnum peat and mineral subsoil in the Shippagan area are such that agriculture represents a potential reclamation strategy for cut-over bogs. However, further studies would be necessary to confirm this.

3.1 Soil preparation (general)

In the Federal Republic of Germany, the preparation of cut-over bogs for agriculture depends on the depth, type and degree of humification of the peat and characteristics of the mineral subsoil. Where the depth of peat is under 1,4 m and the subsoil sandy, Kuntze (1980) recommends deep ploughing with the sandy subsoil, in order to maximize physical and chemical properties for cropping. By this method, known as German sand-mix cultivation, peat and mineral soil horizons are turned-over vertically, such that the peat is only partially covered with sand. This is only possible if the water table is 20 cm lower than the depth of ploughing. The top 20 to 30 cm is then thoroughly mixed with lime and fertilizers. A wide range of crops can then be grown. When the depth exceeds 1,4 m, peat is preferably drained using a tile system, placed 10 to 24 m apart, taking bulk density and degree of humification into consideration. These bogs are best suited to the establishment of permanent pastures.

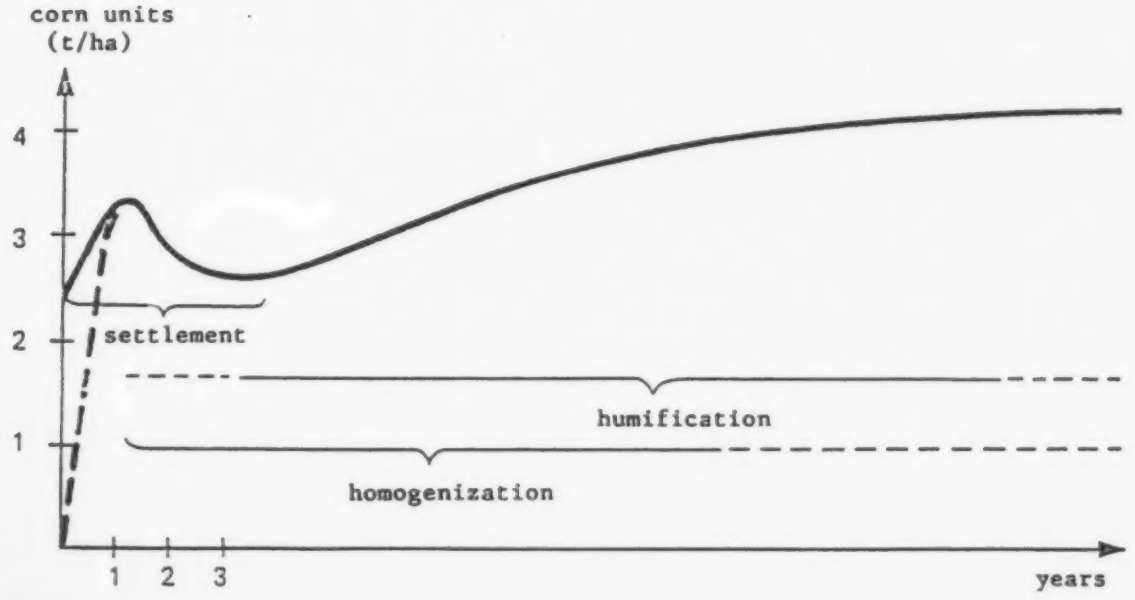
Fertilization programs in both cases are similar: liming (to reach a pH of 4,7 to 5,0 in the first case and 4,3 to 4,5 in the latter), then application of 200 kg/ha of P_2O_5, 600 kg/ha of K_2O and 100 kg of metallic slag or 10 kg/ha Cu. Fertilizers and lime must both be thoroughly mixed to a depth of 30 cm (Kuntze, 1988).

The soil improvement process, however, stretches over many years. At first, peat and sand are, so to speak, side by side; aeration is high and this is probably the reason for good crop yields. Soil subsidence then follows; aeration and permeability decrease, resulting in diminished yields. With time and cultivation efforts (ploughing, harrowing, fertilization), oxydation, mineralization and humification take place. Finally, the soil reaches a suitable structure and yields are optimum (Figure 1).

Peat:sand ratio varies from 1:2 to 2:1, depending on respective bulk densities. The proportion of peat decreases with humification. Organic matter content must be maintained between 6 and 8% to ensure desirable physical and chemical properties, as well as adequate plant productivity.

Figure 1: The development of sand-mix cultivated bogs expressed by their productivity.

(Kuntze, 1980)



Although cropping is possible on a 50 to 100 cm residual peat layer, a minimum depth of 100 cm is suggested, in order to compensate for the subsidence that takes place during drainage and cultivation (Stenbeck 1985, MacNaeidhe and Courtney, 1983). The cultivated soil should be 25 to 30 cm deep, which is generally considered adequate for growth and accessible to conventional machinery. In Finland, some advocate ploughing the peat layer, when shallow, with the mineral subsoil (Valmari, 1982).

In their work on factors limiting root expansion, Jelley and Burke (1984) observed that roots growing in acidic peats are restricted to the ploughed soil layer. They therefore suggest a ploughing depth of 0,3 m.

Galkina (1977) showed that when the layer of cut-over peat is less than 50 cm, the physical properties of soil and water are unfavourable, causing problems.

Lévesque and Mathur (1985) describe the results of pot experiments in mixtures of organic soils with various types of mineral subsoils. Material grown included grasses, cereals, leafy and root vegetables. Among the mineral subsoils, a marine clay from Shippagan, New Brunswick, yielded good results when mixed with the fibric sphagnum peat layer. Gradual mixing with up to 33% clay per volume is estimated to be optimum, particularly when the peat is poorly humified. This clay/peat mixture improves productivity and is conducive to a greater variety of crops. With a clay/peat ratio of 3:8, soil potential for all the above mentioned crops was judged to be very good. The choice would then be first influenced by climatic and economic factors.

Cole, Mulqueen and Hammond (1980) concluded that *Calluna/Sphagnum* peat alone is not capable of supporting carrot crops or clover. However, these peats benefit from being mixed with mineral subsoils, which increases strength and raises the pH, promoting better *Rhizobium* activity, and therefore, an increase in clover yields. Carrot crops were poor during the first two years and slightly improved in the third year, following a boron treatment. Trace element concentrations following reported applications are given.

3.2 Vegetable production

The type of drainage and preliminary work vary enormously according to the type of peat, its depth, topography and available drainage outlets. Sphagnum peats, among others, are relatively impermeable and require the installation of drainage tile at intervals of 5 to 20 m. Additional work to level the surface and for subsequent maintenance are often also necessary for several years. Improvement of the physical properties of peat may require many years of cultivation; in the case of impermeable peats, it may be necessary to cultivate for at least 7 years before the soil is fully improved (MacNaeidhe and Courtney, 1983).

3.2.1 Fertilization

Experiments ranging over a fifteen-year period have shown that deep and well-drained reclaimed bogs are suitable for the production of many vegetables. Key factors to success are deep ploughing and thorough incorporation of lime and fertilizers. Production costs in the first year are high because of heavy lime and fertilizer applications, but they ease down with time.

As peat is naturally deficient in lime, major nutrients, copper and boron, substantial applications of lime and fertilizers will be necessary over a period of several years to ensure satisfactory crops. Lime has little mobility in peat, thus it is necessary to blend it deeply and as evenly as possible, so growth will be constant over the season. When lime incorporation is superficial, a drought can be detrimental to some crops, especially when the pH is low. The risk is particularly high in July and August, when humidity of the cultivated layer is low. At that time, roots will not penetrate acidic peat to reach water. Carrots and celery, which are somewhat sensitive to lime deficiency, are more susceptible to this problem than potatoes and onions. Copper also has poor mobility in peat, such that deficiency of this element can be drought-induced if blending is too shallow (MacNaeidhe and Courtney, 1983). Lime also improves soil retention of phosphorus. A quick and in-depth application of lime is essential to avoid leaching of this element, especially during the rooting period, when the problem is more acute (Wiklander, 1983).

Concentrations of N, P and K in peat, in its natural state, are usually too low to support plant growth. Following lime and fertilizer applications, nitrogen is released in large quantities, however, the largest part of this nitrogen is used by micro-organisms in the peat, which proliferate rapidly in these improved conditions. Recommendations vary from 80 kg/ha for carrots, up to 500 kg/ha for celery (MacNaeidhe and Courtney, 1983). Following many years of cultivation, some organic soils can release the equivalent of 120 kg/ha of N (O'Toole, 1975). Consequently, applications of nitrogen can eventually be reduced to 100 kg/ha (MacNaeidhe and Courtney, 1983).

In Ireland, the phosphorus level in peat, in its natural state, is between 0,5 to 1,0 ppm. An initial application of 50 kg/ha would be sufficient to meet the minimal growth requirements; however, a level of 150 kg/ha is suggested, to compensate for variations caused by uneven spreading. Being susceptible to leaching, phosphorus must be applied annually at rates varying from 20 kg/ha (cereals) to 80 kg/ha (celery) (MacNaeidhe and Courtney, 1983).

Potassium levels in Irish peat range between 5 to 50 ppm, such that an initial application of 200 kg/ha is required to reach 150 ppm, the minimum level to ensure satisfactory growth. However, in order to build soil reserves, a 500 kg/ha application is suggested in the first year of cultivation. Potassium is less susceptible to leaching than phosphorus (2,0 to 5,0 cm/year, Cole, 1965). In subsequent years, rates of application are determined by soil levels and anticipated crops (MacNaeidhe and Courtney, 1983).

Copper and boron are essential to growth in peat soils. Copper is applied as $CuSO_4$ at a rate of 60 kg/ha, which is sufficient to meet crop demands for a 5 to 10 year period. Some crops yield better following an application of copper during the second year. Boron is applied as sodium borate, at a rate varying from 11 kg/ha (potatoes and onions) to 22 kg/ha (celery and cole crops). Trace element deficiencies can thus be almost eliminated, with well planned spraying programs (MacNaeidhe and Courtney, 1983).

An even mixture of peat and nutrients cannot be obtained in the first years of cultivation. Many years of work are necessary to decompose peat fibres and

break up clumps before the soil reaches an appropriate granular texture. Thus, maximum yields can only be expected after many years of cultivation (MacNaeidhe and Courtney, 1983).

3.2.2 Cultivation methods

Drill cultivation enables better drainage and a rapid temperature increase, and this very significantly improves yields of root vegetable crops. Indeed, during trials, the yield of carrots grown in drills was double that obtained on a flat field (MacNaeidhe, 1978).

Ryznenkova (1984) describes the cultivation of onions in Russia, using polyethylene and sand mulches under different irrigation conditions. A $N:P_2O_5:K_2O$ of 50:23:100 kg/ha has given an average production of 29,7 t/ha.

3.2.3 Weed control

Weed populations grow rapidly on improved reclaimed peat. These come from neighbouring mineral soils and are carried by wind, water, vehicules, etc. Mechanical control methods have had little success on bogs, however, herbicide based control programs have proven effective for onions, carrots, celery and lettuce (MacNaeidhe, 1970). Most of the residual herbicides in use become inactive quite rapidly when applied to peat, such that applied quantities must be multiplied 2 to 3 times in order to obtain good results. Few herbicides penetrate peat to a depth greater than 0,5 cm, even following a heavy rainfall. When the organic matter content of the peat is over 75%, the risk of damage to crops is greatly reduced (MacNaeidhe and Courtney, 1983).

3.2.4 Other considerations

As cut-over bogs are generally vast exposed areas devoid of natural shelters except at the perimeter, wind can cause serious damage to crops, unless protective structures are erected. Trials have proven that yields of some vegetables cultivated with a windbreak were double that of the same species cultivated without protection.

Natural windbreaks (trees and shrubs) are the cheapest, however, they take time to establish (7-8 years). During this period, an artificial shelter must be provided. Following many trials, MacNaeidhe and Courtney (1983) favor lath fencing for which they give specifications.

Among the species suggested as natural windbreaks, willow *(Salix aquatica gigantea)* proved to be an exellent pioneer species on very exposed bogs.

Scotch pine *(Pinus sylvestris)* , Sitka spruce *(Picea sitchensis)* and Alder *(Alnus glutinosa)* were also found to be very resistant to exposure. Barley, sown between onion rows and killed off when the seedlings reach the 2 to 3 leaf stage, was also efficient.

Jelley and Burke (1984) describe the factors limiting root growth. A bulk density over 1,6 g/cm^3, as well as poor aeration (below 10%) can limit root penetration. The high acidity of sphagnum peat and insufficient depth of ploughing reduce yields, especially during dry periods. They recommend early detection of these factors which can limit root growth.

3.2.5 A New Brunswick Experiment

The St. Charles peat bog (Kent county, New Brunswick) can illustrate general constraints to agriculture on ombrotrophic bogs in the province, although this site is not a cut-over bog.

In production for over 15 years, carrots are the main crop, although experimental plots of chinese cabbage, radishes, lettuce, cauliflower, peas, beans and celery are showing interesting results. The annual yield is 20 tons/ha.

The bog has undergone superficial drainage, such that the water table fluctuates between 30 and 60 cm. Annual rainfall being high, water level control is difficult. The high water level retards warming up of the soil in the spring. pH is low (4,0) and the peat is deficient in major and trace elements. Annual applications of lime and fertilizers (NPK), are made at a rate of 112 kg/ha. Trace element equilibrium is hard to reach because of the complexing properties of organic matter with these elements, such as magnesium, in an acidic medium.

In 1984-85, the Peat Research and Development Centre Inc. undertook a potato cultivation project on an abandoned section of bog no. 530, in cooperation with researchers from the central Experimental Farm in Ottawa.

During the fall of 1984, the site was limed (5 tons/ha) and harrowed twice, in order to break up clods and mix the lime with the top layer (15 cm). The

following spring, the site was again harrowed and four 50 m^2 plots were demarcated and prepared for seeding (furrow preparation, fertilization, plastic mulch application on two plots). NPK fertilization was applied at the rate of 100:200:200 (kg/ha) in two applications. Two varieties of potatoes were planted at the end of June, due to late thaw of the deep peat layer.

Average crops yield was 20 t/ha, varying from 25,3 to 31,0 kg/15 m. This yield (weight) represents 99,7% of that obtained by a local commercial farmer for one variety (Caribe) and 71,2% of the second variety (Kennebec). According to Agriculture Canada, the yield of a non-commercial crop should be from 18 to 30 kg/15 m. The local farmer's crops were suposedly lower and higher than average, respectively, for each of the two varieties mentioned. The quality of the potatoes obtained in peat soil compared favorably with that of the tubers grown in mineral soil (Gautreau-Daigle and Daigle, 1985).

With these encouraging results, potato growing seems to be a viable option for reclaiming cut-over bogs in northeastern New Brunswick.

3.3 Fodder

The conversion of cut-over bogs to pastureland is widespread in Russia. According to Boiko et al. (1983), of the 162 000 ha of cut-over bogs in Byelorussia, 75% are reclaimed, and 27% of these are converted to pastures and other forms of cultivation. Topics discussed include the reclamation process, crops, yields and the contribution of reclaimed bogs to fodder reserves. Lashkevich (1979) reports the results of experiments with grasses grown on

reed/sedge peat in the Minsk area, including fertilizer formulations and yields. Bogdanov et al. (1984) describe the reclamation procedures for the production of fodder species. Myeyarowski et al. (1987) state that annual fertilization is the key factor in the growth of permanent pasture on cut-over bogs. They recommend a NPK rate of 60:60:120 (kg/ha).

In Ireland, the reclamation of abandoned bogs, for conversion to pastures, has been taking place for over 15 years. The most difficult problems to solve are (Stenbeck, 1985):

- trace element deficiency (i.e. copper and boron);
- uneven shrinkage of the bottom layer;
- presence of large wood residues;
- drainage difficulties;
- surface cracking, which causes problems with machinery and animals.

Following several years of experimentation, McNally (1984) relates the developmental process for fodder production on cut-over bogs. During the first year, peat (0,5 m) is ploughed with a 15 cm layer of mineral subsoil. This process exposes large wood residues which can then be removed. Afterwards, the surface is left to rest for at least 12 months. During the second year, the peat and mineral subsoil are mixed as evenly as possible, then the surface is levelled and left as is, to enable some subsidence to take place. During the third year, the surface is again levelled and, for the first time, sown to produce permanent pasture. By following these steps, a very productive pasture can be established, reducing cracks, uneven shrinkage and subsequent problems.

With regard to drainage, Galvin (1972, 1976) has shown that levelling and rounding the surface of fields is an effective and inexpensive method for Irish ombrotrophic bogs, compared to other more complex methods. The reclamation process consists in first excavating the main drainage ditches and then filling in the shallow secondary ditches. Levelling and rounding of the surface, to ensure a crosswise slope of 1% and a lengthwise slope of 0,3%, then take place. This process reduces surface water infiltration, by diverting the flow of rainwater towards drainage ditches.

Also in Ireland, fertilization trials (Cole, 1968) have shown that the production of pasture on a well-drained shallow peat layer (15 to 75 cm), composed of highly humified wood peat, with pH ranging from 4,5 to 5,5, is directly related to an adequate supply of N, P and K. Recommendations concerning optimum application rates are formulated.

Although not conducted on cut-over bogs, it may nevertheless be more appropriate to rely on the work on fodder production in Newfoundland, by authors such as Rayment (1977) and Chancey (1968), since peat characteristics are similar to those of northeastern New Brunswick peats.

Healy (1980) reports the results of animal breeding on pastures established on cut-over peat bogs in Ireland. Cattle and sheep breeding have been carried out for the past fifteen years, and much research is ongoing to solve associated problems, such as copper deficiency, lowered fertility, high mortality rates among newborn calves and lambs, periodontal problems with ewes, uneven subsidence and cracks in the soil, which may injure animals. No particular diseases have been noted.

3.4 Cereals

Cereal production on bogs has traditionally been considered difficult, and trials in Ireland and elsewhere confirm this. However, good crops have been produced (5 to 7 t/ha of barley) (MacNaeidhe, Egan and Fleming, 1984). Deep and well drained fen peats were found to be the most successful. Shallow peats must be evenly mixed with the mineral subsoil.

Factors restricting the growth of cereals on deep cut-over bogs were associated with reclamation problems and periodic trace element deficiencies. Deep incorporation of lime and fertilizers is essential.

Many researchers report problems associated with copper deficiency. Copper is involved in normal grain development, more specifically in the absorption of carbohydrates during the ripening process (Brown, Tiffin and Holmes, 1958). A copper deficiency can thus seriously affect yields.

Fleming and Delaney (1961) have shown that wheat grain development was lower on newly cultivated bogs, when no copper had been applied. Mulqueen et al. (1961) state that copper deficiency is an important factor restricting production of oats and barley on newly cultivated blanket bogs.

Copper deficiency is more pronounced during a dry spell. Being of low mobility, copper generally remains in the top layer, and becomes a restricting factor when root activity in this layer is reduced during dry periods. Copper deficiency is common in cereals cultivated on deep bogs. Some experiments

suggest that plants react better in the second year following the application of copper to the soil, possibly due to better incorporation. A foliar application of copper phenolic chelate is found to be necessary, to reduce the risk of deficiency during the first year following soil application. Twenty kg/ha of copper sulphate provide a largely sufficient reserve for a period of at least 5 years (MacNaeidhe, Egan and Fleming, 1984).

Potassium, boron and zinc are also linked to grain development, carbohydrate metabolism and translocation. Lodging, caused by a too rapid rate of growth, is also a frequently encountered problem. This phenomenon is due to an excessive localized release of nitrogen (MacNaeidhe, Egan and Fleming, 1984). Crop rotation is very important to minimize the risk of serious infectious diseases (van Eck et al., 1984). The incidence of some diseases is quite frequent on newly cultivated cut-over bogs. These can cause lodging in young plants and reduce yields (Cole 1965, Lucas 1982).

MacNaeidhe et al. (1981) describe at length the cultivation, disease and weed control methods, as well as soil properties for cereal production on Bord na Mona cut-over bogs.

3.5 Small fruit production (*Vaccinium* sp.)

Cranberry and blueberry production on cut-over bogs has been taking place for over 30 years in British Columbia. Carncross (1979) describes soil preparation and the main features associated with small-fruit cultivation.

Production was started on a residual peat layer approximately 0,3 m thick, following the extraction of sphagnum peat (1 m). Soil preparation included clearing, levelling, stump removal, digging drainage ditches and irrigation canals, and in the case of cranberries, installing sprinkler systems to protect against frost.

Cranberry production, although more profitable, is also more difficult to manage. Amoung the main problems are fertilization, weed and insect control, birds, winter kill and frost protection.

Cranberry production reaches an average of 2,3 million kg/year, which is more than the Canadian consumption. Marketing is undertaken by Ocean Spray, an international co-operative. The net profit before tax deduction is 600 000 to 1 million dollars a year.

Cranberry harvesting is mechanized, since the whole crop ripens at the same time. The harvester places the berries in large bags which are then emptied in 410 kg capacity containers. The latter are carried by helicopter towards the truck-loading area, in order to minimize damage to the vines caused by mechanical equipment.

On the other hand, blueberry production reaches 0,5 million kg/year, for a net profit before tax deduction of around 200 000 $. Ripening over a 6 week-period, blueberries must be hand-picked, except for the final harvesting, which is mechanized.

Volchkov et al. (1981) discuss cranberry cultivation on cut-over peat, covered with 3 to 5 cm of coarse sand, in Russia. They present data on growth rates and the most promising cultivars.

3.6 Cost estimation

In Ireland (Bord na Mona, 1984) the costs for reclaiming cut-over bogs have been estimated. These are site-specific and depend on the degree of restoration, the number of additional drainage ditches necessary, and the available on-site installations. The costs listed in Table I include liming, fertilization, ploughing, seedbed preparation and sowing. These costs do not include additional drainage, nor the development of installations.

TABLE I

Costs related to various crops on cut-over bogs

(Bord na Mona)

Crops	Cultivation methods	Costs $CD/ha
Fodder	Surface cultivation	1 050
Fodder	Deep ploughing	1 750
Cereals	Surface cultivation	1 320
Vegetables	Surface cultivation	13 160

4.0 FORESTRY

Cut-over bogs offer large, well-drained surfaces, which are initially free of weeds and parasites. Afforestation and biomass production for fuel are favored options in many countries. The most promising species for these uses are willow *Salix* sp., alder *Alnus* sp., birch *Betula* sp. (Stenbeck, 1985), scotch pine *Pinus sylvestris* , white pine *Pinus strobus* , black spruce *Picea mariana* , larch *Larix* sp. and poplar *Populus* sp. (Ferda 1972, 1975, Farnham 1980, Pohjonen 1980b).

Prior to starting afforestation work, a 0 - 10 cm peat layer must be sampled to determine pH, levels of ammonium nitrogen, nitrite nitrogen, total nitrogen, phosphorus and potassium, as well as conductivity and organic matter content (Kaunisto, 1983b). Calcium content of the mineral subsoil must also be verified.

4.1 Reclamation methods

Two reclamation methods are common (Ferda, 1986). The first involves using areas that require minimal physical change, insofar as existing conditions allow (i.e. access roads, drainage, thickness and quality of the cut-over peat layer). Nature and quality of the mineral subsoil also influence the choice of this method. When it mainly consists of clay, a 50 cm overlying peat layer is preferable, while in the case of a sandy mineral subsoil, good results may be obtained with a 30 cm layer of cut-over peat.

The second method consists of deep ploughing, where a part of the mineral subsoil is mixed with depths of cut-over peat varying from 50 to 70 cm. This process enables plants to take up nutrients from the mineral layer, which is often richer than the organic layer (Ferda 1972, 1975). Moreover, ploughing reduces lime and fertilizer requirements.

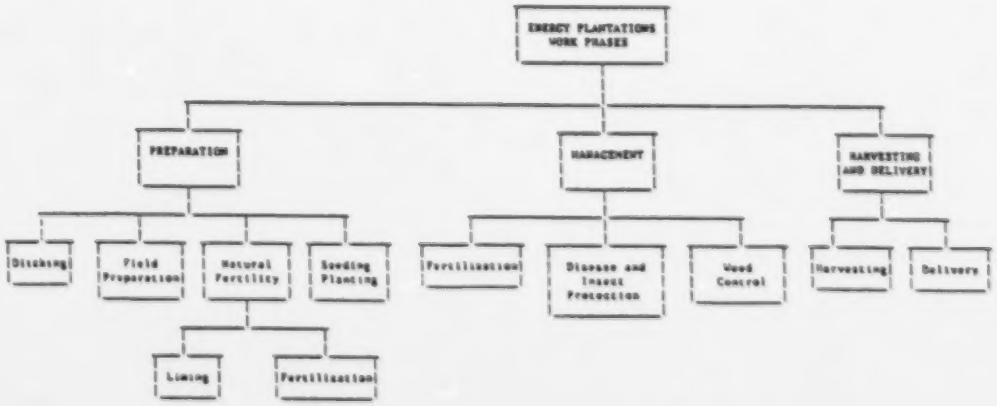
4.2 Work stages

The total area of cut-over bogs in Finland, at the end of this century, is estimated to be 50 000 ha (Kukkonen 1983, Pohjonen 1980a). Generally, the cut-over layer (10 to 50 cm) is humified and pH, as well as nutrient content, is low. The mineral layer is usually composed of sand or clay.

Figure 2 summarizes the stages for afforestation, from site preparation to cutting operations.

Figure 2: Stages in the afforestation of a cut-over bog

(adapted from Kukkonen 1983)



Site preparation includes modification of the drainage system if necessary, and ploughing to a depth of 20 to 50 cm, in order to facilitate root development. Liming may be necessary, according to proposed species. Properties of the cut-over peat layer will determine fertilization rates. Seedlings are then planted, since this practice considerably reduces weed competition problems.

Site management mainly involves fertilization, especially if the tree roots cannot reach into the mineral layer and/or if it does not contain sufficient nutrient reserves (Kaunisto 1983a, 1983b). It is important to ensure protection against disease, harmful insects and weeds, either by mechanical methods or by using chemical compounds adapted to organic soils.

The growth period varies from 5 years for biomass production to 40 years for commercial timber production (Kukkonen 1983, Gallagher et al. 1984). Harvesting and delivery depend on species and distance to markets. This phase can represent up to 55% of the total production costs (Kukkonen, 1983).

4.3 Categories of cut-over bogs

Valk (1986) estimates that the area of cut-over bogs in Estonia is 3 000 ha. These sites can be grouped in 4 classes, according to depth of cut-over peat and drainage quality:

1- more than 0,5 m of peat, with good drainage;

2- more than 0,5 m of peat, with poor drainage;

3- less than 0,5 m of peat, with good drainage;

4- less than 0,5 m of peat, with poor drainage.

The first class requires minimal preparation, such that in most cases, fertilization and planting can be started without delay. Classes 2 and 4 require additional drainage, since trees will not develop satisfactorily or will perish, if the soil is too wet. In order to improve soil fertility in class 3, deep ploughing is recommended to mix the peat layer with the mineral subsoil, which contributes to soil fertilization.

4.4 Natural afforestation

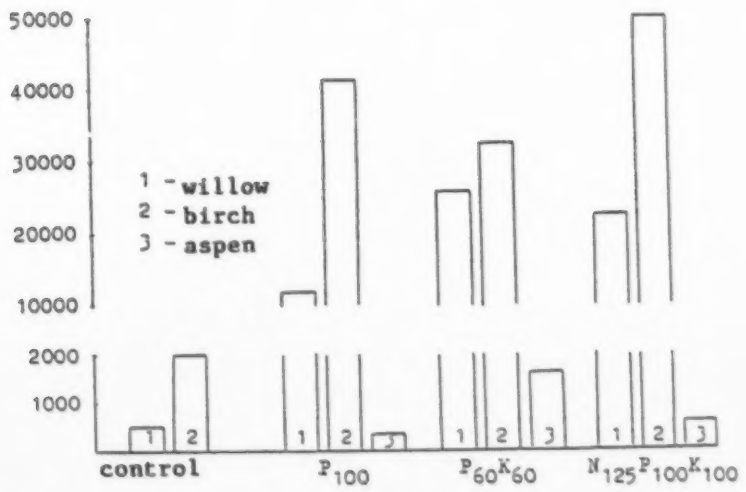
The effects of liming on the growth of willow and birch (Kaunisto, 1985c), as well as natural propagation rates have been studied since 1983 (Kaunisto 1985d, 1988).

In the course of his work on the afforestation of cut-over bogs, Kaunisto (1981) noticed that 2 species of indigenous birches, *Betula pendula* and *Betula pubescens* , established and developed naturally on sites which had been prepared and fertilized for other tree species. The seeds of these birches were naturally carried over distances of more than 100 m, and the young trees developed rapidly, where organic soil had been fertilized with 2 000 kg/ha (14,2% P) phosphate rock, 200 kg/ha (49,8% K) potassium muriate and 110 kg/ha nitrogen. Limed sections (ph 5,0 - 6,0), which were fertilized at the same

rate, showed the worst results: in that case, lime application was harmful to the spontaneous development of birch. This process thus represents a more economical option for the afforestation of abandoned sites (Kaunisto, 1983a).

Researchers have observed natural afforestation by willow, birch and poplar on fertilized sites. Among those species, birch seems to adapt the most rapidly (Figure 3). However, the success of these operations depends to a great extent on the NPK fertilization rates. Generally, plantings require at least 100 kg/ha of P_2O_5 and a bit less nitrogen and potassium. Fertilization in strips of 0,7 to 0,8 m is more effective than a broadcast application, since the latter also encourages weed growth (Valk, 1986).

Figure 3: **Number of naturally regenerated trees per hectare on cut-over bog sites**
(Valk, 1986)



The works of Podzharov (1983) have also demonstrated the ease with which many birch species (*Betula* sp.) colonized cut-over bogs, at a density of about 200 trees/ha. In Byelorussia, 40% of the 180 000 ha of cut-over bogs have been developed for afforestation. Young trees, 1 to 2 years old (pine, spruce, poplar), are planted in the spring, at a density of 5 000 to 7 000 trees/ha. Strips of birch act as windbreaks and as a protection against eventual forest fires.

4.5 Depth of the cut-over peat layer

According to work conducted in Czechoslovakia by Ferda (1978), the optimum depth of the cut-over peat layer would be in the order of 60 cm. In such conditions, a fertilization rate of 100 kg/ha of nitrogen, 160 kg/ha of K_2O and 130 kg/ha of P_2O_5 (Thomas meal) seems to produce very good results for growth of *Picea* sp., *Pinus* sp. and *Betula* sp.

Since 1979, Kaunisto (1985a, 1985b) has been studying different fertilization levels, in relation to the depth of the residual peat layer. His works compare growth yields obtained on deeply ploughed versus unploughed sites.

The works of Kaunisto (1986) tend to conclude that a depth of 20 to 30 cm of cut-over peat would give good yields; however, the author hesitates to conclude that it would be an optimum condition. Where the cut-over layer is over 40 cm, trees become dependent on fertilization (Kaunisto 1986, 1988, Carey et al. 1975).

Kaunisto (1982) has demonstrated that growth results can be just as good on unploughed sites as on those which have been deep ploughed, as long as the fertilizers are thoroughly mixed with the peat to a depth of 30 cm.

TABLE II

Pine development (cm) during the third year, according to site preparation and fertilization

(adapted from Kaunisto, 1982).

Soil preparation	Fertilization*				
	Control	PK	NPK	PK lime	$\bar{X}$
Control	24,0	33,3	31,8	31,7	30,2
Ploughing (0 to 30 cm)	28,0	36,7	36,7	31,9	33,3
Deep ploughing (100 cm)	26,4	34,0	38,4	35,7	33,6
$\bar{X}$	26,1	34,7	35,6	33,1	32,5

* PK = 1 000 kg/ha (0 - 8,6 - 16,6)
NPK = PK + 110 kg/ha of nitrogen
PK + lime = PK + 2 000 kg/ha dolomitic lime

The mean results (Table II) suggest that there is no important advantage in deep ploughing, which, in addition, accelerates organic soil decomposition. The best yields were found to be on fertilized sites without liming.

Huikari (1985) evaluates fertilization needs in relation to planting density. Preliminary results indicate that a cut-over peat depth of more than 43 cm prevents roots from extending to the mineral soil, and thus requires appropriate fertilization. Moreover, tree quality diminishes with an increase in planting density.

Carey et al. (1975) studied root development of trees in cut-over peat soil, after 18 years of growth. They observed that the root system of the most developed trees had penetrated the mineral subsoil. The roots of specimens toppled by the wind did not reach deeper than 30 cm into the organic soil. According to the authors, this is due to surface fertilization, which does not encourage roots to spread down into the mineral layer to feed, and thus stabilize the tree.

4.6 Site preparation and fertilization

Laiho (1985) demonstrates the importance of site preparation, by weed control and adequate fertilization, to minimize damage caused by frost. In spite of the tendency to believe that an organic soil would be more fertile, its preparation requires as much care as arable mineral soil.

Generally, site preparation includes liming, if necessary, to adjust soil pH (3,8 to 4,3 KCl) and fertilizer application, to a depth of 10 to 15 cm (Ferda, 1986). Table III summarizes the levels of fertilization required in the spring, according to soil reserves.

TABLE III

Required levels of fertilization according to soil reserves

(Ferda, 1986)

Soil reserves	Present levels		Required doses	
	K	P	K	P
	mg/l		kg/ha	
Very low	< 20	< 5	130	220
Low	21 - 40	6 - 20	70	130
Average	41 - 70	21 - 40	30	50
High	71 - 120	41 - 60	-	-
Very high	>120	> 60	-	-

4.7 Biomass production

In Ireland, the area of cut-over bogs resulting from mining for energy production is estimated to be 80 000 ha. Since 1972, Bord na Mona has been actively interested in reclamation of these bogs for rapid growth biomass production, renewable by harvesting at 5-year intervals. Biomass production yields are usually between 7 and 25 tons of dry matter per hectare (Farnham, 1980, Pohjonen 1980b). With yields over 20 t/ha dry matter on a 400 ha area, a 5 MW power station can be operated on a continuous basis (Healy, 1980).

According to O'Carroll (1984), the first afforestation trials on bogs in Ireland date back to 1890. These attempts were a complete failure, due to the lack of a sufficient phosphorus supply and the use of non-adapted species. General practice requires an application of 72 kg/ha of phosphorus, while choice of species must be made according to the geographical context and climate. In 1984, the area of cut-over bogs developed for afforestation was estimated at 2 100 ha (6,4% of the bogs). After 30 years of experimentation, some drainage problems remain to be solved (optimum spacing and depth of ditches).

4.8 Cost estimation

A financial evaluation of the afforestation of cut-over bogs, reported by Gallagher et al. (1984), shows the advantages of using such a site, rather than converting virgin bog for the same purposes. Besides the fact that yields are better (O'Carroll, 1984), the initial investment is in the order of 1 100 $ CD

(1984)/ha for fertilization and planting, to which are added maintenance costs of 900 $ CD (1984)/ha spread over a 35-year period. It is important to note that these evaluations do not take into account potential problems caused by the wind and cold. These two factors could upset all estimates; thus, the importance of carefully evaluating the physical location of the site (i.e. elevation, orientation, exposure) before starting work.

5.0 REGENERATION AND RENATURATION

Renaturation consists of promoting natural succession on a cut-over bog for a projected economic use (i.e. production of wood chips). On the other hand, rewetting comprises favouring water table elevation by blocking drainage ditches, among other means. One can talk of regeneration when, after centuries, a typical bog flora develops and the peat formation process has been reinstated. Table IV shows the duration of the different regeneration stages.

TABLE IV

Regeneration stages

(Blankenburg and Kuntze, 1986)

Stages	Forms	Duration
1	Rewetting	Years
2	Renaturation	Decades
3	Regeneration	Centuries

Where water elimination is impossible without pumping, the site may be more appropriate for fish breeding, leisure activities or for the preservation of its flora and fauna (McNally, 1984).

5.1 Regeneration

In order to promote the effective regeneration of a site, Nick (1988) indicates that besides knowing the depth of the remaining peat layer and its

decomposition level, the following factors must be considered: climate, water table level, topography, peat harvesting method, mineral subsoil and water holding capacity of the peat.

Schmatzler and Tüxen (1980), Briemle (1981), Müller (1980) and Salonen (1987) have shown that in the FRG and Finland, regeneration started without help. However, they noticed that it happened sporadically on cut-over bog because the water table level was irregular. This situation could be corrected by blocking drainage outlets or filling the drainage ditches with peat. Thus water levels can rise and characteristic bog flora and fauna can return.

According to Blankenburg and Kuntze (1986), in the FRG, over the last decade, bog regeneration has predominated because of the pressures exerted by ecological groups. Only the sites considered unsuitable for natural preservation are used for forestry and agriculture.

In the FRG, cut-over bogs are divided into three groups:

- areas suitable for preservation, where peat mining is forbidden;
- areas where mining is allowed, however, these must be developed with preservation in mind when exploitation activities cease;
- areas unsuitable for preservation, where peat mining is allowed.

The government of Lower Saxony (FRG) plans to protect 65 000 ha of ombrotrophic bogs, 30 000 ha of which will remain in their natural state and the remainder, regenerated for preservation purposes.

The critical step in regeneration is rewetting. According to Blankenburg and Kuntze (1986), Nick (1984) and Zander (1986), the first step is to effectively block drainage ditches and outlets with humified peat.

By covering the bottom of drainage ditches where mineral soil is often exposed, water is prevented from infiltrating the capillary spaces. A plastic covering deposited at the bottom of ditches can replace humified peat, following which the ditches are filled with cut-over peat.

For rewetting to be effective, the water level must vary between 5 cm under and 5 cm above the surface. To verify this, water flow checkpoints are required to prevent leaching of the peat layer during lengthy rainfall periods. Nevertheless, precipitation must be higher than water loss by evaporation and outlet flow.

The site must be flooded as rapidly as possible, to avoid colonization by undesirable species, which could hinder the establishment of typical bog vegetation.

Since the remaining peat layer is permeable, it is necessary to provide a 30 to 80 m buffer zone around the cut-over area.

To reestablish vegetation, at least 50 cm of remaining humified peat (black peat) is needed with an overlying 30 cm of Bunkerde (peat containing seeds and spores from the original vegetation, von Post of at least 7). Characteristic

vegetation can also be transplanted from a virgin bog. Revegetation will be enhanced by a high rate of spores and seeds on the site (Bunkerde or transplanted virgin peat), as well as on the site periphery and by water quality maintenance.

These regeneration methods were used in the Netherlands, where Schouwenaars (1982) reports that there remain only 8 800 hectares of ombrotrophic bogs. Moreover, the latter have been disturbed by human activity (drainage, harvesting, burning). Since 1970, attempts have been made to restore these bogs, by favouring a return to their natural state.

After 10 years, Blankenburg and Kuntze (1986) report on the state of a regenerated bog, where 95% of the vegetation is made up of typical bog plants. This bog is on its way to returning to an ombrotrophic state; however, it is difficult to predict a long-term development process.

Nick (1988) estimates the cost of regeneration at 181 000 $ CD, including research, for an area of more than 50 ha.

5.2 Renaturation

5.2.1 Lake formation

According to Stenbeck (1985), a cut-over bog can be restored in such a way as to become a lake. This option depends on the distribution and quantity of water on the bog. To encourage lake formation, the drainage ditches must be blocked off to enable the establishment of characteristic flora and fauna.

Creating suitable habitat for migratory waterfowl must take the following factors into account (Pehrsson, 1980):

- the site must be near a migratory route;
- the site must be located at a suitable distance from other rest sites to enable birds to reach it easily, if there is a lack of food or if they are disturbed;
- a good supply of water must be available, as well as the possibility of controlling water levels.

Pettersson (1985) reports on a Swedish peat producing company, which, in 1984-1985, has renewed its exploitation permit to be able to mine the peat deposit entirely. In 10 to 15 years, the company intends to convert this residual site into a lake, since the surroundings are not conducive to spontaneous drainage.

This lake, however, will not be safe from pollution threats coming from municipal wastes and drinking water purification plants. In order to prevent infiltration of contaminated water from the surrounding areas, the erection of a 50 m wide peat wall is planned. It will stand 0,5 to 2,0 m above water level and will surround the lake, except at the outlet towards the river. The lake bottom and the shore will slope gently towards the water outlet, and revegetation will be stimulated by appropriate species.

The lake shores will be rounded, and a peninsula, dividing the lake in two, could be the site of an observation tower. The benefits for the population of the county are:

- a fresh water area of 200 ha, surrounded by characteristic lakeside vegetation;
- various activities become possible: fishing, hunting, ornithological studies and aquatic sports.

5.2.2 Fish breeding

Large areas in the USSR are made up of exhausted peat bogs, where only large pits remain. These have been found to be appropriate for fish breeding. A cut-over peat layer of 20 cm is sufficient to enable the creation of fish ponds, if the bog was vacuum harvested. The site must be used as soon as possible after cessation of mining activities, otherwise it will be invaded by plants. Transitional cut-over bogs and fens are better-suited to fish-breeding.

According to Mints and Khristenko (1980), lakes situated on bogs are naturally nutrient-poor. Quantities of zooplankton in these waters is only 3,0 to 3,9 mg/l. This insufficient food supply is due to an acidic soil, low microbial activity, abundance of humic substances and mineral element deficiency. These factors, combined, inhibit fish growth.

The natural productivity of lakes on peat soils is from 70 to 90 kg of fish/ha, compared to the 180 to 250 kg/ha which can be obtained on a mineral soil based lake. To increase productivity, lime in the peat-bed and fertilizers during the vegetation period must be applied, while concentrated

fish food must be added. In this way, it is possible to produce from 1 200 to 1 500 kg of fish/ha. Carp *(Cyprinus carpio)* is compatible with peat-based food and is capable of proliferating in a hostile environment.

Work on peat soil fish ponds has been undertaken and is continuing in Byelorussia (BSSR) (Krasilnikov, 1980) and Russia (RSSR) (Galaktionova, 1983), where 16 fish breeding operations have been established on a 6 000 ha area of cut-over bogs.

6.0 MINNESOTA REGULATIONS (USA)

In Minnesota, peat has been extracted commercially for over 50 years. Following extraction, few efforts have been made to restore the surface to its natural state. As revegetation does not always occur naturally, many sites remain barren.

In 1985, the Minnesota Legislature adopted regulations related to the regeneration of exploited bogs. These regulations are flexible and can thus accomodate the specific characteristics of each peat bog.

Buttleman et al. (1986) reviews the four sections of these regulations. The first part defines the purpose, scope and policies of the regulations. The second deals with cut-over bog reclamation standards. The third outlines permit requirements for present and future operations. The last section describes the procedures and standards for variances, penalties and permit amendment and cancellation.

According to the regulations, producers must obtain an exploitation permit before starting operations; also the projected area must be between 16 and 1 215 ha. To obtain a permit, the applicant must give relevant information on the environment, as well as mining and reclamation plans. Moreover, plant location must be indicated, and several on-site requirements associated with rehabilitation must be integrated into the mining plans.

As far as site reclamation is concerned, the operator is faced with two options. The first includes site conversion for the creation of natural habitat, or for forestry, agriculture or biomass production. The second option, which consists in stabilizing the surface with typical bog vegetation, must meet regeneration standards after 5 years.

This requires long-term site management, which is beyond the operator's sole responsibility, thus there must be an agreement between the operator and the owner of the site. With the first reclamation option, the operator must prove, when he applies for a permit, that he has an agreement with the land owner concerning the latter's financial and administrative capabilities, once mining operations are terminated. He must also present a detailed plan of the proposed reclamation option, including site management. On the other hand, if the land owner does not wish to assume responsibility for site reclamation, the operator will have to proceed with the second option, which is regeneration.

The operator's last obligation deals with cleanup. All the waste, debris and mobile equipment must be cleared away, while installations and access roads must be removed, unless these can be used for a beneficial purpose. Revegetation can then be undertaken, thus ensuring that the site is non-polluting, free from hazards and will need very little maintenance.

In accordance with these regulations, the Minnesota Department of Natural Resources has established a research program on cut-over bog reclamation, to offer help to operators in their reclamation efforts.

One aspect of the research is involved with seed and fertilizer trials for the establishment of surface vegetation. Another aspect involves methods to improve and promote revegetation by surrounding undisturbed bogs. A last important aspect deals with the establishment of standards by which the success of revegetation can be evaluated, and amending regulations in view of new information.

Topics for future research include: peat types, harvesting methods, existing and abandoned sites and a variety of plants, including trees, grasses and non-vascular plants. Most operators have contributed to this research effort by allowing the utilization of some abandoned sites.

CONCLUSION

The reclamation of mined peat bogs must be planned during the exploitation years. This approach helps diminish costs, while ensuring better conditions for the proposed uses. Moreover, reclamation work should be started as soon as possible after peat mining activities have ceased, so as to avoid problems caused by revegetation by undesirable species, and the use of herbicides and equipment, which could have a negative impact on the environment (Ferda, 1986).

Bogs which were vacuum harvested offer a definite advantage over those exploited by block cutting; the physical development on these is minimal. Chances of success are increased with appropriate fertilization (NPK) and by favouring the establishment of adapted species (Mikola, 1978).

Clarke-Whistler (1985) estimates the agricultural potential of the abandoned bog site near Shippagan (no. 530), in its actual state, as being low. Utilization would be limited to uncut sections, but their narrow width (< 3 m) would limit access to equipment. In the cut-over sections, water level control would be very difficult; moreover, more than 75% of the bog base is below sea level. The infiltration of salt water would thus be an important limiting factor. The most promising option would consist in surface levelling; however, peat depth and water table level should be studied closely before evaluating the economic feasibility of an agricultural project.

The water level must be controlled according to the prospective crop; it must be low enough to allow good aeration and high enough to minimize losses caused by oxydation. Crops such as oats, barley and grasses are more tolerant than vegetables to high water levels and acidic conditions.

The absence of planning for bog reclamation, following harvesting activities, can considerably diminish the bog's potential for agricultural utilization, from which stems the importance of planning abandonment conditions in advance. Among the important considerations is the depth of the sphagnum peat layer above the basic sphagnum-shrub layer (Valmari 1982, Jelley and Burke 1984).

At the Aitoneva Research Station (Kihniö, Finland), researchers from the Parkano District State Forestry Board have, since 1970, conducted a series of scientific studies to evaluate afforestation of cut-over bogs. An ombrotrophic sphagnum bog serves as an experimental site.

Their work, as well as that from other countries, demonstrate the considerable potential of cut-over bogs for forestry, whether it be for biomass or timber production, or for natural revegetation. Many of these studies are recent, however, they do not all converge towards the same conclusions.

In New Brunswick, given the favourable climate for ombrotrophic bog development, regeneration could offer possibilities. Moreover, considering the geographic location of certain abandoned sites, a combination of identified options could be considered.

An open eye should be kept on the situation in Minnesota, in order to see what impact regulations, regarding the reclamation of mined peatlands, will have on the peat industry and the environment in the future.

BIBLIOGRAPHIE/BIBLIOGRAPHY

Blankenburg,J. and Kuntze,H. (1986). Aspects of Future Utilization of Cut Over Bogs in Western Germany. Socio-Economic Impacts of the Utilization of Peatlands in Industry and Forestry. Proceedings of the International Peat Society Symposium. Oulu, Finland. p. 219-226.

Bogdanov,G.S., Danilov,U.M., Krylsiov,R.A. and Smirnova,D.A. (1984). The Use of Cutover Bogs to Supply Fodder on Peat Enterprise Farms. Torfianaia Promyshlennost', 9. p. 2-5.

Boiko,A.T., Vasilbev,V.T. and Boriseiko,V.V. (1983). Cutaway Bogs: Bases for Fodder Reserves. Torfianaia Promyshlennost', 2. p. 26-27.

Bord na Mona (1984). Fuel Peat in Developing Countries. The World Bank. Dublin, Ireland. p. 68-69.

Briemle,G. (1981). Forms of Shrub Invasion and Secondary Forest Development on Disturbed Peatlands in Southwest Germany. Telma, vol. 11. p. 135-148.

Brown,J.C., Tiffin,L.O. and Holmes,R.S. (1958). Carbohydrate and Organic Acid Metabolism with C^{14} Distribution Affected by Copper in Thatcher Wheat. Plant Physiology, vol. 33. p. 38-42.

Buttleman,C. and Jordan,J. (1986). Minnesota Rules Relating to the Reclamation of Mined Peatlands. Progrès réalisés en génie des tourbières. Université Carleton, Ottawa. Conseil National de Recherches Canada. p. 270-275.

Carey,M.L. and Barry,T.A. (1975). Coniferous Growth and Rooting Patterns on Machine Sod-Peat Bog (Cutover) and Trench 14, Clonsast. Irish Forestry, vol. 32, no. 1. p. 18-29.

Carncross,C.A. (1979). Cranberry and Blueberry Production on a Reclaimed Peat Bog. Management Assessment of Peat as an Energy Resource. Arlington, Virginia, USA. p. 211-213.

Chancey (1968). The Use of Peatlands in Forestry and Agriculture. The Forestry Chronicle. p. 40-41.

Clarke-Whistler,K. (1985). The Effects of Dry Peat Harvesting Methods on Agronomic Suitability of Cutover Peatland. IEC Beak. A Report for Agriculture Canada. Ottawa, Ontario.

Cole,A.J. (1965). The Effect of Fertilizer Applied to a Ryegrass-Cocksfoot Sward on Cut-Over Raised Bog. Masters Agricultural Sciences Thesis, University College, Dublin.

Cole,A.J. (1968). Grass Production on Cut-Over Raised Bog - Nitrogen, Phosphorus and Potassium Requirements. Proceedings Third International Peat Congress. Québec, Canada. p. 251-257.

Cole,A.J. (1984). The History of Agricultural Development on Peatland in Ireland. Proceedings of the 7th International Peat Congress. Dublin. vol. 3. p. 219-237.

Cole,A.J., Mulqueen,J. and Hammond,R.F. (1980). Effects of Mixing Cut-Over Raised Bog Peats and Underlying Sub-Soils on the Growth of Carrots and Clover. Irish Journal of Agriculture Research, vol. 19, no. 1. p. 1-16.

Dooley,M. and Dickinson,C.H. (1967). The Microbiology of Cut-Away Peat. Plant and Soil, vol. 27. p. 172-186.

Farnham,R.S. (1979). Peatland Reclamation. Management Assessment of Peat as an Energy Resource. Arlington, Virginia, USA. p. 205-207.

Farnham,R.S. (1980). Peatland Reclamation - The Energy Crop Option. Peat as an Energy Alternative Symposium. Arlington, Virginia, USA. p. 635-642.

Ferda,J. (1972). Fertilizing and Nutrition of Forest Woody Plants in Exploited Fen Deposits. Proceedings of the 4th International Peat Congress. Finland. vol. III. p. 509-520.

Ferda,J. (1975). Forestry Reclamation of Extracted Peat Deposits. Scientific Monographs, no. 6. 192 p.

Ferda,J. (1978). Fertilization and Sylvicultural Utilization of Excavated Highland Deposits in Montaine Regions. Vedecke Prace Vyzkumneho Ustavu Mellioracfv Praze. Zbraslavi. vol. 14. p. 237-254.

Ferda,J. (1986). Reclamation and Utilization of Extracted Peat Deposits for Forest Planting. Socio-Economic Impacts of the Utilization of Peatlands. International Peat Society Symposium. Oulu, Finland. p. 227-239.

Fleming,G.A. and Delaney,J. (1961). Copper and Nitrogen in the Nutrition of Wheat on Cutaway Peat. Irish Journal of Agriculture Research, vol. 1. p. 81-82.

Galaktionova,A.A. et al. (1983). Using Cutaway Bogs as Fish Raising Ponds. Torfianaia Promyshlennost', 2. p. 23-26.

Galkina,A.A. (1977). Effect of Residual Peat Thickness on Crop Yields. Pochvovedenie, vol. 10. p. 82-88.

Gallagher,G.J. and Gillespie (1984). The Economics of Peatland Afforestation. 7th International Peat Congress. Dublin, Ireland. vol. 3. p. 271-285.

Galvin,L.F. (1972). Reclamation of Irish Peat for Agricultural Development. Proceedings 4th International Peat Congress, vol. 3. Otaniemi, Finland. p. 425-434.

Galvin,L.F. (1976). Reclamation and Drainage of Peatland. Farm and Food Research, vol. 7, no. 3. p. 58-60.

Gautreau-Daigle,H. et Daigle,J.-Y. (1985). Aménagement d'une tourbière résiduelle pour la culture de pommes de terre. Centre de Recherche et de Développement de la Tourbe Inc. Rapport Interne. 23 p.

Healy,J. (1980). Industrial Cutaway Bog Development in Ireland - Food and Energy. Proceedings 6th International Peat Congress. Duluth, Minnesota, USA. p. 387-397.

Huikari,O. (1985). Spacing Trial. Afforestation Experiments at Aitoneva, Kihniö, Metsäntutkimuslaitoksen Tiedonantoja 177. p. 6-7.

Jelley,R.M. and Burke,W. (1984). Soil Physical Limitations to Crop Root Growth in Irish Cut-Away Peat Areas. Proceedings of the 7th International Peat Congress. Dublin. vol. 3. p. 316-326.

Kaunisto,S. (1981). Rauduskoivun *(Betula pendula)* Ja Hieskoivun *(Betula pubescens)* Luontainen Uudistuminen Turpeennoston Jälkeisellä Suonpohjan Turpeella Kihniön Aitonevalla (Natural Regeneration of *Betula pendula* and *B. pubescens* on a Peat Cut-Away Area). Suo, vol. 32, no. 3. p. 53-60.

Kaunisto,S. (1982). Afforestation of Peat Cut-Away Areas in Finland. Peat, Its Properties and Perspectives of Utilization. International Symposium of International Peat Society Commission II and IV. Minsk, Byelorussian Soviet Socialist Republic. p. 144-153.

Kaunisto,S. (1983a). Luontaisesti Syntyneiden Koivumetsiköiden Maanpäällinen Lehdetön Biomassatuotos Entisellä Turpeennostoalueella Kihniön Aitonevalla. (Above-Ground Leafless Biomass Production of Naturally Generated Birch Stands in a Peat Cut-Over Area at Aitoneva, Kihniö). Folia Forestalia 558. p. 1-32.

Kaunisto,S. (1983b). Koripajun *(Salix viminalis)* Biomassatuotos Sekä Ravinteiden Ja Vedenkäyttö Eri Tavoin Lannoitetuilla Turpeilla Kasvihuoneessa. (Biomass Production of *Salix viminalis* and Its Nutrient and Water Consumption on Differently Fertilized Peats in Greenhouse). Folia Forestalia 551. p. 1-34.

Kaunisto,S. (1985a). Luontaisesti Syntyneiden Koivumetsiköiden Maanpäällinen Lehdetön Biomassatuotos Entisellä Turpeennostoalueella Kohniön Aitonevalla. Short Amelioration Trial. Afforestation Experiments at Aitoneva, Kihniö, Metsäntutkimuslaitoksen Tiedonantoja 177. p. 8-10.

Kaunisto,S. (1985b). Soil Preparation Trial. Afforestation Experiments at Aitoneva, Kihniö, Metsäntutkimuslaitoksen Tiedonantoja 177. p. 10-12.

Kaunisto,S. (1985c). Natural Regeneration of Birch. Afforestation Experiments at Aitoneva, Kihniö, Metsäntutkimuslaitoksen Tiedonantoja 177. p. 17.

Kaunisto,S. (1985d). Liming Trial With Willow. Afforestation Experiments at Aitoneva, Kihniö, Metsäntutkimuslaitoksen Tiedonantoja 177. p. 18.

Kaunisto,S. (1986). Peatlands Before and After Peat Harvesting. Socio-Economic Impacts of the Utilization of Peatlands. International Peat Society Symposium. Oulu, Finland. p. 241-246.

Kaunisto,S. (1988). Communication personnelle/Personal communication.

Krasilnikov,V.V. et al. (1980). Artificial Water Reservoirs on Bogs. Torfianaia Promyshlennost', 12. p. 19-20.

Krasilnikova,L.Y., Kuznetsova,L.M., Lashnev,V.I. and Smelovski,V.E. (1986). Trends of Cutover Peatland Utilization. Socio-Economic Impacts of the Utilization of Peatlands in Industry and Forestry. Proceedings of the International Peat Society Symposium. Oulu, Finland. p. 247-249.

Kukkonen,E. (1983). Short Rotation Energy Plantations: A Solution to Rehabilitate Cut-Over Peatlands. Symposium '83. Energy From Peat Symposium. St John's, Newfoundland. p. 135-147.

Kuntze,H.(1980). The Importance of the Organic Matter Content on the Development of Sand-Mix Cultivated Bogs. Proceedings of the 6th International Peat Congress. Duluth, Minnesota, USA. p. 408-412.

Kuntze,H. (1988). Communication personnelle/Personal communication.

Laiho,O. (1985). Short Rotation Trial With Pine, Birch, Willow and Alder. Afforestation Experiments at Aitoneva, Kihniö, Metsäntutkimuslaitoksen Tiedonantoja 177. p. 8.

Lashkevich,G.I. (1979). Meadow Establishment on Peat Excavations. Korma, no. 5. p. 18-21.

Lévesque,M.P. et Mathur,S.P. (1985). Récupération des tourbières résiduelles / Reclamation of Cutover Peatlands. Proceedings Symposium 85. Rivière-du-Loup, Québec, Canada. p. 264-271.

Lucas,R.E. (1982). Organic Soils (Histosols). Formation, Distribution, Physical and Chemical Properties and Management for Crop Production. Farm Science Research Report 435. Michigan State University, East Lansing, Michigan, USA. p. 61.

MacNaeidhe,F.S. (1970). Evaluation of Herbicides in Carrots and Celery. Proceedings 10th British Weed Control Conference. p. 193-197.

MacNaeidhe,F.S. (1978). Drill Versus Flat Sowing for Main Crop Carrots. Research Report Horticulture Divison. An Foras Taluntais. Dublin. p. 26.

MacNaeidhe,F.S., Hammond,R.F., Thomas,T.M., Cunningham,C., Brogan,J.C., Fleming,G.A., Burke,W. and Jelley,R.M. (1981). An Investigation of Cereal Production on Bord na Mona Milled-Over Peatland. An Foras Taluntais. Dublin. 27 p.

MacNaeidhe,F.S. and Courtney,J. (1983). Vegetable Crop Production on Peat Soil. Proceedings of the International Symposium on Peat Utilization. Bemidji State University. Bemidji, Minnesota, USA. p. 229-238.

MacNaeidhe,F.S., Egan,T. and Fleming,G.A. (1984). Cereal Crop Production on Peat Soil. Proceedings 7th International Peat Congress. Dublin. vol. 3. p. 373-388.

McNally,G. (1984). Development of Industrial Cutover Bog in Ireland. Proceedings of the 7th International Peat Congress. Dublin. vol. 3. p. 442-449.

Mints,A.G. and Khristenko,K.S. (1980). Pond Fishery Peculiarities Under Peat Utilization. 6th International Peat Congress. Duluth, Minnesota, USA. p. 426-427.

Mohrmann,K.J.M. (1983). Reclaimed Peat Soils and Their Agriculture Importance. Agriculture Canada. Unpublished Report.

Müller,K. (1980). Experiments to the Regeneration of Revised Bogs. Telma, vol. 10. p. 197-204.

Mulqueen,J., Walsh,M.J. and Fleming,G.A. (1961). Copper Deficiency on Irish Blanket Peat. Scientific Proceedings Royal Dublin Society. Series B. vol. 1, no. 4. p. 25-35.

Myeyarowski,A.S. and Bahamazava,A.L. (1987). Effectiveness of Fertilizers on Soils of Exhausted Peat Fields Under Perennial Cereals. Vesti Akademii Navuk, Byelorussian Soviet Socialist Republic, vol. 2. p. 25-29.

Nick,K.-J. (1984). Measures and Chances of Success for the Regeneration of Bogs After the Complete Industrial Cutting of Peat. Proceedings of the 7th International Peat Congress. Dublin. vol. 1. p. 331-338.

Nick, K.-J. (1988). Communication personnelle/Personal communication.

O'Carroll,N. (1984). Peatland Afforestation in the Republic of Ireland. 7th International Peat Congress. Dublin, Ireland. vol. 3. p. 450-461.

O'Toole, L.A. (1975). The Influence of Various Treatments on Nitrogen Mobilization in Peat. Journal Irish Department of Agriculture, vol. 72. p. 12-18.

Pehrsson, O. (1980). Torvmossar Kan bli fagelsjoär - vatmarksrestaurering genom energitorvutvinning. Sveriges Natur Hf 4. p. 153-155.

Pettersson,R. (1985). Peat-Bog Converted Back to Lake by Planned Harvesting. Proceedings of the Peat and the Environment' 85. International Peat Society Symposium. Jönköping, Sweden. p. 175-183.

Podzharov,V.K. (1983). Reclamation of Cut-Away Peat Fields in the Forestry of the Byelorussian Soviet Socialist Republic. International Symposium on Forest Drainage. International Peat Society Commission III. Tallin, USSR. p. 131-136.

Pohjonen,V. (1980a). Energiapajujen Viljelystä Vanhoilla Turvetuotantoalueilla (On the Energy Willow Farming on the Old Peat Industry Areas). Suo, vol. 31, no. 1. p. 7-9.

Pohjonen,V. (1980b). Energy Willow Farming on Old Peat Industry Areas. 6th International Peat Congress. Duluth, Minnesota, USA. p. 439-440.

Rayment,A.F. and Penney,B.G. (1977). The Agricultural Potential of Newfoundland Peat Soils. The Diversity of Peat, Newfoundland & Labrador Peat Association. St John's, Newfoundland. p. 39-50.

Ryznenkova,V.N. (1984). Onions on Drained Peat Bogs. Kartofel'i Ovoshchi, vol. 11. p. 18-19.

Salonen,V. (1987). Revegetation of an Area of Mustasuo-Mire After Clearing for Peat Harvesting. Suo, vol. 38, no. 1. p. 1-3.

Schmatzler,E. and Tüxen,J. (1980). Resoaking and Regeneration of Raised Bogs in Lower Saxony and Their Significance in Nature Conservancy. Telma, vol. 10. p. 159-171.

Schouwenaars,J. (1982). Water-Regulation in Disturbed Raised-Bog Peat Deposits in the Netherlands - Towards a Better Understanding of the Environmental Conditions Required for Raised-Bog Regeneration. Telma, vol. 12. p. 219-234.

Stenbeck,G. (1985). Aspects on the Reclamation of Cut-Away Bogs. Proceedings Peat and the Environment '85. International Peat Society Symposium. Jonköping, Sweden. p. 165-174.

Valk,U. (1986). Estonian Cut-Over Peatlands and Their Use in Forestry. Socio-Economic Impacts of the Utilization of Peatlands. International Peat Society Symposium. Oulu, Finland. p. 265-276.

Valmari,A. (1982). Agricultural Utilization of Peatlands. Peatlands and Their Utilization in Finland. Finnish Peatland Society. Helsinki. p. 42-49.

Van Eck,H., Govers,A., Lemaire,A. and Schaminée,J. (1984). Irish Bogs. A Case for Planning. Catholic University. Nijmegen, Verslagen Milieukunde, no. 12. 331 p.

Volchkov,V.F., Sautin,V.I. and Bobronikova,T.I. (1981). Growing Cranberries on Worked-out Peatlands. Lesnoe Khozyaisto, no. 3. p. 68-70.

Wiklander,G. (1983). Hydrokemiska Effekter av Energiskogsodling. Läges rapport. Inst. f. Skogl. Marklära, Sv. Lantbr.-Univ., Manuscript. 5 p.

Zander,J. (1986). Preconditions and Objectives of a Bog Regeneration Experiment in the Koller and Hochrunst Filze Near Raubling. District of Resenheim, Southern Bavaria. Telma, vol. 16. p. 291-303.

ANNEXE A/APPENDIX A

Résumés des principales publications

Abstracts of key publications

Source:

Blankenburg,J. and Kuntze,H.; 1986. Socio-Economic Impacts of the Utilization of Peatlands in Industry and Forestry. Proceedings of the International Peat Society Symposium. Oulu, Finland. Pages 219-226.

Titre/Title:

ASPECTS OF FUTURE UTILIZATION OF CUT OVER BOGS IN WESTERN GERMANY

Résumé:

Durant les dernières décennies, l'utilisation des tourbières résiduelles a changé de façon manifeste en République Fédérale d'Allemagne. La régénération de tourbières pour la conservation de l'environnement domine aujourd'hui, suite à l'exploitation industrielle de la tourbe. Seuls les sites qui ne se qualifient pas pour la préservation de l'environnement sont utilisés pour la foresterie et l'agriculture selon des méthodes de culture développées en Allemagne, c'est-à-dire le labour en prorondeur des tourbières ombrotrophes ou encore le labour profond en incorporant du sable. Les responsables de l'aménagement paysager déterminent si la régénération ou la revégétation des tourbières résiduelles doit avoir lieu, ainsi que la possibilité d'extraire de la tourbe.

Pour déterminer ces utilisations du point de vue de la technologie des sols, les facteurs suivants doivent être considérés:

1. Culture

a) Prairie permanente --> Labour en profondeur de tourbières ombrotrophes
   - couche de tourbe physiquement adéquate + couche de surface > 1,0 m
   - profondeur du drainage > 1,2 m.

b) Terres arables et foresterie --> Labour profond en incorporant du sable
   - couche de tourbe < 1,4 m
   - sable fin et moyen dans la couche minérale sous-jacente (< 15%,< 20 µm).

2. Conservation (remouillage et renaturation des tourbières résiduelles)

- précipitation > évaporation et écoulement latéral de l'eau souterraine (< 30 - 100 mm)
- > 0,5 m de tourbe oligotrophe fortement décomposée (tourbe noire) + 0,3 m de couche de surface (Bunkerde)
- la construction de canaux de drainage n'est pas permise dans les couches à haute perméabilité (e.g. sable)
- à cause de la perméabilité de la tourbe résiduelle, une zone tampon hydrologique d'une largeur variant entre 30 et 80 m est aménagée autour du territoire remouillé.

Abstract:

In the last decades the utilization of cut over bogs has changed obviously in the Federal Republic of Germany. Today bog regeneration for nature conservation dominates following industrial cutting of peat. Only areas, which are not qualified for nature conservation, are allowed for forestry and agricultural utilization after their recultivation by the measures of German high bog cultivation or German sand mix cultivation. The authority of landscaping determines cut over bog regeneration or recultivation together with the permission to produce peat.

From the view of the soil technology for these determinations the following facts must be considered:

1. Recultivation

a) Permanent grassland --> German High Bog Cultivation
   - layer of physical suitable peat + top spit > 1,0 m
   - drainage depth > 1,2 m.

b) Arable land and forestry --> German Sand Mix Cultivation

- peat layer < 1,4 m
- fine and medium sand in the subsoil (< 15%, < 20 µm).

2. Nature Conservation (rewetting and renaturation of cut over bogs)

- precipitation > evaporation and seepage water (< 30 - 100 mm)
- > 0,5 m strongly decomposed and oligotrophic peat (black peat) + 0,3 m top spit (Bunkerde)
- drainage ditches are not allowed to be built in layers of high water permeability (e.g. sand, swamp-forest peat)
- due to permeability of the remaining peat profile hydrological protection areas between 30 and 80 m round about the rewetting area.

Source:

Bogdanov,G.S., Danilov,U.M., Krylsiov,R.A. and Smirnova,D.A.; 1984. Torfianaia. Promyshlennost', 9. Pages 2-5.

Titre/Title:

THE USE OF CUTOVER BOGS TO SUPPLY FODDER ON PEAT ENTERPRISE FARMS

Résumé:

On présente une description détaillée de la récupération de tourbières résiduelles aux entreprises Tesovo-1. Une étude des tourbières résiduelles a révélé une variation considérable dans la profondeur de la couche résiduelle et dans la perméabilité de la couche minérale sous-jacente, nécessitant des opérations considérables de nivelage et de mélange, ainsi que le réglage du pH et l'application de fertilisants.

Abstract:

Detailed description of milled peat cutover reclamation at Tesovo-1 enterprises - cutover survey revealed considerable variation in relict peat depth and in subsoil permeability, requiring extensive levelling and mixing operations adjustment of pH and fertilizer application.

Source:

Boiko,A.T., Vasilbev,V.T. and Boriseiko,V.V. (1983). Torfianaia. Promyshlennost', 2. Pages 26-27.

Titre/Title:

CUTAWAY BOGS: BASES FOR FODDER RESERVES

Résumé:

Sur les 162 000 ha de tourbières résiduelles en Biélorussie, 75% ont été récupérées et 27% sont cultivées ou transformées en prairies. On discute de la récupération, la culture, le rendement et la contribution des tourbières résiduelles aux réserves de fourrage.

Abstract:

Of the 162 000 ha of Byelorussian cutaways 75% have been reclaimed with 27% under meadow and tillage. Discusses reclamation, cropping, yields and the contribution of cutaways to fodder reserves.

Source:

Cole,A.J.; 1984. Proceedings of the 7th International Peat Congress. Dublin. Volume 3. Pages 219-237.

Titre/Title:

THE HISTORY OF AGRICULTURAL DEVELOPMENT ON PEATLAND IN IRELAND

Résumé:

Cet article retrace l'historique du développement agricole des tourbières en Irlande depuis le milieu du 18^{e} siècle, avec un accent particulier sur les 30 dernières années et les défis futurs dans ce domaine.

Le premier paiement de prime enregistré pour le drainage de tourbières pour des fins de culture ou d'établissement de prairies fut effectué par la Dublin Society vers le milieu des années 1700. Le début du 19^{e} siècle marqua la nomination, par le Parlement, d'une commission pour étudier "la nature et l'importance des multiples tourbières en Irlande et de la possibilité de voir à leur drainage et culture". Les membres de la commission attribuèrent la négligeance de ces terres aux propriétaires et aux problèmes de limites de terrains, quoiqu'ils reconnurent le besoin d'une expérimentation déployée, à cause de variations considérables autant à l'intérieur qu'entre les tourbières. En 1820, un comité de la Royal Dublin Society conclut que les tourbières pouvaient être profitablement récupérées.

La culture des tourbières irlandaises ne retint que peu l'attention publique au cours des 100 années subséquentes. En 1917, l'Irish Peat Inquiry Committee était d'avis que l'emploi de dépôts de tourbe comme combustible ne devait plus être considéré comme une mauvaise utilisation des ressources naturelles du pays, mais comme un moyen d'étendre et de développer l'agriculture. Ils firent remarquer que partout dans le pays, de vastes étendues de tourbières résiduelles étaient en effet récupérées pour l'agriculture.

Depuis 1927, diverses tentatives pour utiliser les tourbières vierges pour l'agriculture n'ont connu qu'un succès limité. A l'opposé, un programme intensif de recherche sur l'utilisation d'étendues résiduelles, depuis 1955, est déjà passé avec succès à la pratique commerciale par des fermiers et Bord na Mona. Le développement de tourbières résiduelles exploitées par des fermiers est encore sérieusement entravé par les droits de propriété, la fragmentation et les problèmes de drainage. Le développement agricole des régions propriétés de Bord na Mona sera plus facile, à cause d'une politique dynamique d'unification des terres entreprise par la commission avec l'acquisition d'étendues de tourbières pour l'extraction de tourbe combustible, et l'accent qu'elle place sur l'état des étendues résiduelles suite à l'extraction.

Abstract:

This paper traces the history of the agricultural development on Peatland in Ireland since the middle of the 18th century with particular emphasis on the last 30 years and the future challenge in using these areas.

The first recorded incentive payments for the drainage of bog for meadow or tillage was made by the Dublin Society in the mid 1700's. The beginning of the 19th century saw the appointment by Parliament of a commission to 'inquire into the nature and extent of the several bogs in Ireland and the practicability of draining and cultivating them'. The Commissioners attributed the neglect of these wastelands to ownership and boundary problems while acknowledging the need for widespread experimentation because of considerable variation both within and between bogs. In 1820 a committee of the Royal Dublin Society concluded that bogs could be profitably reclaimed.

The cultivation of Irish bogs engaged little further public attention for another 100 years. In 1917 an Irish Peat Inquiry Committee were of the opinion that the use of peat deposits for fuel need no longer be considered as a drain on the country's natural resources, but as a means of extending and developing agriculture. They observed that all over the country large areas of cut-away bog could be seen reclaimed for agriculture.

Various attempts since 1927 at using deep uncut bog for agriculture only met with limited success. In contrast an intensive research programme into the use of cut-over areas since 1955 has already been successfully translated into commercial practice by both farmers and Bord na Mona. The development of many farmer cut-over areas is still severely hampered by ownership, fragmentation and drainage problems. The agricultural development of Bord na Mona areas will be easier because of a dynamic land consolidation policy pursued by the Board in the acquisition of peat areas for fuel and the emphasis placed by them on the condition of the cut-over areas after fuel harvesting.

Source:

Cole,A.J., Mulqueen,J. and Hammond,R.F.; 1980. Irish Journal of Agriculture Research 19. Pages 1-16.

Titre/Title:

EFFECTS OF MIXING CUT-OVER RAISED BOG PEATS AND UNDERLYING SUB-SOILS ON THE GROWTH OF CARROTS AND CLOVER

Résumé:

Des expériences en récipients furent effectuées pendant 6 années pour étudier l'effet de mélanger différentes quantités de cinq types de sol minéral sous-jacent à deux types de tourbe pour la croissance de carottes et de trèfle. Les résultats furent consistants avec l'expérience de terrain et ont aidé à prévoir des options futures d'utilisation des tourbières, où les ressources de tourbe sont exploitées pour servir de combustible.

Le rendement et la qualité des carottes cultivées sur le fen (wF) de bois furent excellents. L'ajout de sol minéral à la tourbe wF a réduit le rendement de façon significative. Les plus hautes réductions de rendement furent associées aux sols riches en carbonate de calcium, e.g., argile marine. L'ajout de petites quantités de sol minéral calcaire à une tourbe *Calluna/Sphagnum* (cS) a augmenté les rendements de façon significative. Toutefois, au cours des 2 premières années, le rendement et la qualité des carottes cultivées sur une tourbe cS étaient pauvres. Ceci n'a été que partiellement corrigé avec un traitement de base au bore, appliqué lors de la troisième année. Les couches minérales sous-jacentes testées étaient inadéquates pour la culture des carottes. A cause de sa nature poreuse, l'argile, lorsqu'utilisée sans addition de tourbe, était un meilleur milieu de culture que les autres sols minéraux sous-jacents.

Les effets de quantités croissantes de sol minéral sur la culture du trèfle furent étudiés durant les 3 dernières années. Les résultats ont démontré que l'ajout de sol minéral à la tourbe avait augmenté le rendement dans tous les cas. Le rendement de trèfle cultivé sur une tourbe wF était plus élevé qu'avec la tourbe cS, mais était semblable quand la couche minérale sous-jacente était mélangée avec les deux types de tourbe.

Les ajouts de sol minéral aux tourbes ont eu peu d'influence sur le contenu en matière sèche des racines de carottes, mais ont réduit de façon marquée le contenu en phosphore, manganèse et bore des feuilles et des racines. La concentration en bore dans les feuilles et racines a été largement augmentée par un traitement de base au bore, appliqué durant la troisième année. L'effet le plus important des additions de sol minéral sur la composition chimique du trèfle fut une réduction de moitié du contenu en manganèse et le redoublement du contenu en molybdène, aux plus hauts taux d'applications. Les rendements enregistrés furent probablement dus à l'efficacité améliorée de *Rhizobium* à des pH plus élevés (5,3 à 6,7).

Il est conclu que l'éventail d'utilisations des tourbières résiduelles suite à l'exploitation est limité.

Abstract:

Pot experiments were carried out for 6 years to study the effect of mixing different amounts of five sub-peat mineral soils with two types of peat on the growth of carrots and clover. The results agreed with field experience and helped in predicting future land-use options where peat resources are exploited for fuel.

Yield and quality of carrots grown on wood fen (wF) peat were excellent. The addition of sub-soil to wF peat significantly reduced yields. Highest yield reductions were associated with soils rich in calcium carbonate, e.g., shell marl. The addition of small quantities of a calcareous sub-soil to a *Calluna/Sphagnum* (cS) peat significantly increased yields. However, in the

first 2 years the yield and quality of carrots grown on cS peat were poor. This was only partly corrected by a basal boron treatment applied in the third year. The sub-soils tested were unsuitable for the growth of carrots. Because of its porous nature the shell marl, when used without peat admixture, was a better growth medium than the other sub-soils.

The effect of increasing proportions of sub-soil on clover growth was investigated in the final 3 years. These results showed that the addition of sub-soil to peat increased yield in all cases. The yield of clover grown on wF peat was higher than on cS peat but was similar when sub-soil was mixed with the two types of peat.

Sub-soil additions to peat had little influence on the dry matter content of carrot roots but significantly reduced the phosphorus, manganese and boron contents of leaf and root. The boron concentration in the leaf and root was greatly increased by a basal treatment of boron applied in the third year. The most significant effect of sub-soil additions on the chemical composition of clover was a halving of manganese content and a doubling of molybdenum content at the higher rates of application. The yield responses recorded were probably due to improved effectiveness of *Rhizobium* at high pH values (range 5,3 to 6,7).

It is concluded that the range of uses for land remaining after the peat resources have been fully exploited is limited.

Source:

Farnham,R.S.; 1979. Symposium Papers. Management Assessment of Peat as an Energy Resource. Arlington, Virginia. Institute of Gas Technology. Pages 205-207.

Titre/Title:

PEATLAND RECLAMATION

Résumé:

La récupération de tourbières suite à l'extraction de la tourbe est une pratique courante depuis plusieurs années dans différents pays européens. Plusieurs de ces étendues sont actuellement mises en culture ou utilisées pour la production d'arbres, et plusieurs sont maintenant des lieux de conservation, des habitats aménagés pour la faune, des lacs ou des étangs.

En Irlande et en Pologne, l'utilisation principale des tourbières suite à l'extraction de la tourbe est la production de fourrage ou de plantes herbacées, car ces cultures conviennent bien aux strates inférieures de tourbe ou à la couche minérale sous-jacente.

Abstract:

The reclamation of mined peatlands in several European countries has been a common practice for many years. Many of these mined areas are currently used for crop and tree production, and others are now conservancy areas, wildlife habitats, or lakes and ponds.

In Ireland and Poland, the principal use for mined peatlands is forage or grass production, as these crops are well suited to the lower peat strata or the mineral substrate.

Source:

Farnham,R.S.; 1980. Peat as an Energy Alternative Symposium. Arlington, Virginia, United States of America. Pages 635-642.

Titre/Title:

PEATLAND RECLAMATION - THE ENERGY CROP OPTION

Résumé:

La recherche sur les tourbières du Minnesota indique que la production de légumes ainsi que de cultures agricoles et bio-énergétiques est appropriée pour la récupération des tourbières résiduelles ou pour la production sur les surfaces aménagées des sols organiques. Les récoltes bio-énergétiques potentielles incluent le saule *(Salix)* , l'aulne *(Alnus)* , le peuplier hybride *(Populus)* , les quenouilles *(Typha)* , les roseaux *(Phragmites)* et d'autres espèces adaptées aux terres humides. Des clones de *Salix* de la Suède et du Minnesota, ainsi que des espèces d' *Alnus* des Etats-Unis et de l'Europe ont été développées pour des fins de recherche sur les tourbières du Minnesota.

Abstract:

Peatland research in Minnesota has indicated that a number of vegetable, agronomic and bioenergy crops are suitable for reclamation of mined peatland deposits or for production on present surface soils. Potential bioenergy crops include *Salix* (willow), *Alnus* (alder), hybrid *Populus* (poplar), *Typha* (cattail), *Phragmites* (rushes) and other wetland species. Clonal selections of *Salix* from Sweden and Minnesota, and *Alnus* species from the U.S.A. and Europe have been obtained for research on Minnesota peatlands.

Source:

Ferda,J.; 1978. Vedecke Prace Vyzkumneho Ustavu Mellioracfv Praze. Zbraslavi. Volume 14. Pages 237-254.

Titre/Title:

FERTILIZATION AND SYLVICULTURAL UTILIZATION OF EXCAVATED HIGHLAND DEPOSITS IN MONTAINE REGIONS

Résumé:

Les mesures suivantes sont recommandées: (1) une couche de tourbe résiduelle de 60 cm, (b) un réseau de canaux de 20 cm de largeur et 60 à 70 cm de profondeur, (c) l'application de 100 kg/ha de N, 160 kg de K_2O et 130 kg de P_2O_5, (d) la culture du lupin bleu comme engrais vert. Le *Picea excelsis* est recommandé pour les meilleurs sites, tandis que le *Pinus mugo* var. *mughus* et le *P. mugo* var. *uncinata* le sont pour les sites marginaux.

Abstract:

The following measures are recommended: (1) a residual peat layer of 60 cm, (b) a network of ditches 20 cm wide and 60 à 70 cm deep, (c) application of 100 kg/ha N, 160 kg K_2O and 130 kg P_2O_5, (d) green manuring with blue lupin. *Picea excelsis* is recommended for the better sites and *Pinus mugo* var. *mughus* and *P. mugo* var. *uncinata* for the marginal sites.

Source:

Ferda,J.; 1986. Socio-Economic Impacts of the Utilization of Peatlands. International Peat Society Symposium. Oulu, Finland. Pages 227-239.

Titre/Title:

RECLAMATION AND UTILIZATION OF EXTRACTED PEAT DEPOSITS FOR FOREST PLANTING

Résumé:

Cet article contient les résultats de recherche à long terme et l'expérience pratique acquis dans le domaine de la récupération et de l'utilisation des tourbières résiduelles pour des fins de reboisement sous les conditions existantes en Tchécoslovaquie.

Les principes techniques essentiels de la récupération sont basés sur le nivellement des surfaces et le réglage du régime hydrologique du dépôt. Des détails sont donnés sur les mesures d'agro-amélioration, comprenant des engins agro-techniques, l'amélioration du chaulage et de la fertilisation et l'amélioration biologique. L'étude recommande des types de reboisement, incluant le choix d'espèces d'arbres appropriées, en considérant constamment les conditions du dépôt donné.

Pour conclure, on présente des principes économiques à maintenir, tout en considérant l'impact sur l'environnement.

Abstract:

The contribution contains the results of long-term research and practical experience gained in the area of reclamation and utilization of the already extracted peat for afforestation in the conditions of Czechoslovakia.

Main principles of technical reclamation are treated on the basis of levelling the surface area and regulation of the water regime of the deposit. Details are given about the successive agromelioration measures consisting of agrotechnical devices, amelioration liming and fertilizing and biological amelioration. In the study the kind of afforestation is recommended including the choice of suitable tree species, constantly regarding the given deposit conditions.

In the conclusion of the paper principles of correct economic structure to be maintained on reclaimed peat deposits in connection with the environment are given.

Source:

Galkina,A.A.; 1977. Pochvovedenie. Volume 10. Pages 82-88.

Titre/Title:

EFFECT OF RESIDUAL PEAT THICKNESS ON CROP YIELDS

Résumé:

Il a été démontré que, lorsque l'épaisseur de la couche de tourbe résiduelle est inférieure à 50 cm, les propriétés physiques et hydrologiques deviennent défavorables et la nutrition minérale des cultures se détériore.

Abstract:

It has been shown that when the thickness of residual peat layer is less than 50 cm, water and physical properties become un-favourable and mineral nutrition of crops worsens.

Source:

Gallagher,G.J. and Gillespie; 1984. 7th International Peat Congress. Dublin, Ireland. Volume 3. Pages 271-285.

Titre/Title:

THE ECONOMICS OF PEATLAND AFFORESTATION

Résumé:

Les tourbières forment une partie importante des propriétés forestières présentes et potentielles en Irlande. Les effets économiques du reboisement sur tourbières sont étudiés et trois exemples sont démontrés, pour en indiquer la rentabilité. L'impact de différentes techniques de culture et d'exploitation est discuté et les effets à long terme sont aussi illustrés. Les résultats indiquent que le reboisement de tourbières utilisant l'épinette *Sitka* et le pin *Lodgepole* peut produire de 4 à 8,4%, selon le site, le type de tourbe et la gestion du boisé.

Abstract:

Peatlands form an important part of the present and potential forest estate in Ireland. The economics of forestry on peatland is examined and three examples are shown to indicate profitability. The impact of different cultivation and management techniques are discussed and some downstream effects are also illustrated. The results indicate that peatland forestry, using *Sitka* spruce and *Lodgepole* pine can yield from 4 to 8,4% depending on site, peat type and crop management.

Source:

Galvin,L.F.; 1972. Proceedings 4th International Peat Congress. Volume 3. The Use of Peatland for Agriculture, Horticulture and Forestry. Otaniemi, Finland. Pages 425-434.

Titre/Title:

RECLAMATION OF IRISH PEATS FOR AGRICULTURAL DEVELOPMENT

Résumé:

Les tourbières irlandaises peuvent généralement être divisées en deux catégories - les tourbières en couverture et les tourbières ombrotrophes.

Les tourbières en couverture, dans l'ouest de l'Irlande, ont de basses perméabilités (environ 10 mm par jour) et sont sous l'influence d'une pluie fine continuelle tout au long de l'année. Dans ce cas, la mise en place d'un système de drainage est ici autant un problème économique qu'un problème physique. Toutefois, un système peu coûteux et efficace pour les prairies a été conçu. Des détails sur ce système et le programme expérimental sur lequel il était basé sont discutés.

Les tourbières ombrotrophes des régions centrales de l'Irlande ont de meilleures conditions climatiques (moins de pluie) et jouissent d'une meilleure perméabilité. Le travail expérimental de récupération est concentré principalement sur les tourbières résiduelles, suite à l'extraction pour la production de combustible. Nous avons récupéré ces tourbières avec succès, en utilisant un système d'aplanissement de la surface entre des canaux de drainage largement espacés. Nous avons démontré que ce système est plus efficace que l'installation de canaux intérieurs peu espacés, sans nivellement de la surface, ceci principalement à cause des caractéristiques d'infiltration de la surface. Nos résultats à ce jour indiquent que les tourbières résiduelles récupérées par cette méthode vont produire des rendements de plantes herbacées équivalents à ceux obtenus dans les meilleurs sols minéraux.

Abstract:

Irish peats can be broadly divided into two categories - blanket peats and raised bog peats.

The blanket peats in the west of Ireland have low permeabilities (approx. 10 mm. per day) and are under the influence of continuous light rainfall throughout the year. The provision of a drainage system here is as much an economic problem as a physical one. However, a cheap and effective system for grassland has been designed. Details of this system and the experimental programme on which it was based are discussed.

The raised-bogs of the Irish midlands have better climatic conditions (less rainfall) and have also got a better permeability range than the blanket peats. The experimental reclamation work is concentrated mainly on cut-away bogs which have been harvested for fuel production. We have reclaimed these bogs successfully using a system of land grading and planing of the bog surface between widely spaced catchment drains. We have shown that this system is more effective than an installation of closely-spaced internal drains, without surface grading, mainly because of the infiltration characteristics of the surface. Our results to-date indicate that cut-away bogs reclaimed by this method will produce grass yields equal to those obtainable from the best mineral soils.

Source:

Galvin,L.F.; 1976. Farm and Food Research. Volume 7, number 3. Pages 58-60.

Titre/Title:

RECLAMATION AND DRAINAGE OF PEATLAND

Résumé:

La récupération de tourbières est une facette de plus en plus importante du développement agricole. Un travail expérimental a démontré que les tourbières, qui autrefois étaient considérées inutiles, peuvent être récupérées pour devenir un ajout de valeur aux fermes existantes. Ainsi, plusieurs fermiers découvrent que la récupération des tourbières est devenue partie intégrante de leur planification de développement.

De plus, la tourbière qui ne pouvait être récupérée dans le passé, à cause du manque de drainage, l'est maintenant grâce à l'installation de systèmes de drainage artériels ou conjoints. Ceci est tout particulièrement le cas avec les grands systèmes de drainage artériels, tels ceux sur la Boyne et la Moy, qui fournissent des déversoirs pour plusieurs surfaces autrefois inondées. Outre les exigences normales de la récupération, certaines de ces tourbières requièrent de plus l'étalement de la couche de surface rejetée et la rehabilitation. L'utilisation de la couche de surface devrait faire partie du programme de récupération évitant le maniement en double d'une partie de ces rejets.

Des essais expérimentaux sur le terrain, conduits par An Foras Taluntais, ont démontré l'importance du nivelage du sol dans la récupération des tourbières. Ces découvertes furent confirmées par des observations effectuées sur d'autres tourbières récupérées. Notre expérience suggère qu'une attention insuffisante est accordée à cet aspect de la récupération des sols, et que des drains internes sont quelquesfois utilisés avec divers degrés de succès, dans le but de résoudre les problèmes de drainage de surface.

Abstract:

Reclamation of peatland is an increasingly important facet of farm development. Experimental work has shown that peatland which was once considered useless can be reclaimed to form a valuable addition to existing farms. Because of this many farmers are finding that peat reclamation now forms a major part of their farm development plans.

Furthermore, bogland that could not be reclaimed in the past because of lack of outfall is now reclaimable as a result of arterials or joint works drainage schemes. This is especially true in relation to the large arterial drainage schemes, like those on the Boyne and the Moy, which are providing outfalls for many areas that were formerly flooded. Apart from the normal reclamation requirements, some areas of bog on these catchments have the added requirement of spoil spreading and rehabilitation. Serious consideration should be given to using this spoil as part of the land grading reclamation programme and this could save double handling of some of the spoil.

Experimental field trials by An Foras Taluntais have shown the importance of land grading in peatland reclamation. These findings have been confirmed by observations made on other reclaimed bogs. Our experience suggests that sufficient attention is not given to this aspect of land reclamation and that internal drains are sometimes used with varying degrees of success, in an attempt to solve surface drainage problems.

Source:

Healy,J.; 1980. Proceedings 6th International Peat Congress. Duluth, Minnesota, United States of America. Pages 387-397.

Titre/Title:

INDUSTRIAL CUTAWAY BOG DEVELOPMENT IN IRELAND - FOOD AND ENERGY

Résumé:

Au cours des cinquante prochaines années, quelque 80 000 hectares de tourbières résiduelles seront disponibles pour le développement, suite à l'extraction de tourbe combustible en Irlande.

La recherche envers les meilleures méthodes d'utilisation de ces sols se poursuit depuis 1955.

Le développement commercial par Bord na Mona a débuté en 1972. Aujourd'hui, quelque 600 hectares sont utilisés pour divers projets agricoles. Ces projets comprennent la création de prairies et leur utilisation pour l'élevage, jusqu'à l'abattage, du bétail, ainsi que l'élevage de moutons. Un troupeau de vaches laitières entrera en production en 1981. La culture de légumes sur fens est en cours depuis 1971 et la culture de céréales était entreprise en 1977.

Des essais en foresterie sont en cours depuis 1955, et quelque 100 hectares ont été boisés pour servir comme abris et pour l'agrément au cours des trois dernières années.

La recherche sur la production de biomasse sur les tourbières résiduelles a débuté en 1975, et un projet-pilote de démonstration fut mis en place en 1979. Pour ce projet, quelque 400 hectares de tourbières résiduelles seront reboisées selon un plan de rotation rapide, pour la conversion en énergie.

Abstract:

Over the next fifty years some 80 000 hectares of cutaway bog will be available for development following mechanical fuel peat production in Ireland.

Research on the best methods of using this land is ongoing since 1955.

Commercial development by Bord na Mona commenced in 1972. Today some 600 hectares is in use for various agricultural enterprises. These enterprises include the creation of grassland and its use for cattle breeding and finishing and sheep production. A dairy herd is coming into production in 1981. Vegetable production on deep fen peat is in progress since 1971 and cereal growing was introduced in 1977.

Growing trials on forestry are in progress since 1955 and some 100 hectares have been planted with trees for shelter and amenity over the past three years.

Research on Biomass production on cutaway bog commenced in 1975 and a Pilot Demonstration Project commenced in 1979. For this project some 400 hectares of cutaway bog will be planted with short rotation forestry for conversion to energy.

Source:

Jelley,R.M. and Burke,W.; 1984. Proceedings of the 7th International Peat Congress. Dublin. Volume 3. Pages 316-326.

Titre/Title:

SOIL PHYSICAL LIMITATIONS TO CROP ROOT GROWTH IN IRISH CUT-AWAY PEAT AREAS

Résumé:

L'agriculture sur les tourbières résiduelles a connu divers degrés de succès. Le rendement des cultures a été décevant lorsque la pénétration du sol par les racines était entravée. L'enracinement restreint des cultures est quelquefois dû à un problème de drainage, mais sur les surfaces bien drainées, plusieurs autres facteurs peuvent en être la cause. On cite ici des exemples de sols minéraux sous-jacents ayant une densité apparente élevée et une pauvre porosité, empêchant la pénétration des racines. La tourbe de *Phragmites* est souvent défavorable à la croissance des racines à cause de la porosité peu élevée. Quant à la tourbe de sphaigne suite à l'extraction de boudins de tourbe, l'enracinement est entravé par l'acidité extrême.

Des mesures de récupération pour surmonter les propriétés restrictives envers les racines sont requises sur la plupart des surfaces résiduelles, avant d'y établir une culture. Ces mesures devraient améliorer le facteur limitant jusqu'à une profondeur d'au moins 0,3 m, afin d'assurer un apport suffisant d'eau aux cultures durant les périodes de sécheresse.

Abstract:

Cropping of Irish cut-away peat areas have met with varying degrees of success. Crop yields have been disappointing wherever root penetration has been restricted. Restricted crop rooting is sometimes a land drainage problem, but,

in well-drained areas, several other factors can limit root penetration. Examples are given of sub-peat mineral materials in which high bulk density and low air-filled pore space prevent root penetration. *Phragmites* peat is often unfavourable for root growth because of low air space. In *sphagnum* residues, following sod peat extraction, rooting is inhibited by extreme acidity.

Reclamation measures to overcome root restricting properties are required in most cut-away areas before crop establishment. The measures should ameliorate the limiting physical property to a depth of not less than 0,3 m to prevent water stress on crops during dry weather.

Source:

Kaunisto,S.; 1982. Peat, Its Properties and Perspectives of Utilization. International Symposium of International Peat Society Commission II and IV. Minsk, Byelorussian Soviet Socialist Republics. Pages 144-153.

Titre/Title:

AFFORESTATION OF PEAT CUT-AWAY AREAS IN FINLAND

Résumé:

Il est probable que de 200 000 - 300 000 ha de tourbières seront utilisées pour la production de tourbe combustible en Finlande. L'activité expérimentale pour le reboisement des tourbières débutait au cours des années 1950. Cette activité expérimentale s'est élargie et est devenue plus diversifiée à la fin des années 1970, comprenant des expériences sur diverses préparations de sites, la fertilisation, l'amélioration du sol et les espèces d'arbres. Suffisamment d'azote semble être libéré pour le *Pinus sylvestris* au moment de la plantation. Toutefois, sur les tourbières résiduelles où l'extraction de la tourbe a récemment cessé, le bouleau et le saule réagissent bien, aux premiers stades de développement, à la fertilisation en azote. L'ajout de phosphore et de potassium accélère le développement initial des plants de pins, peu importe la préparation préalable du site. Le mélange du sol minéral avec la tourbe a amélioré la croissance des plants de pin, quoique moins que la fertilisation en phosphore et en potassium.

Abstract:

It is likely, that a. 200 000 - 300 000 ha of peatlands will be used for fuel peat production in Finland. Experimental activity for the afforestation of peat cut-away areas started as early as the 1950's. The experimental activity expanded and became more versatile in the late 1970's including by then experiments with different site preparation, fertilization, soil amelioration and tree species. Enough nitrogen seems to be released for *Pinus sylvestris*

at seedling stage. However, in peat cut-away areas, where peat production has recently ceased, birch and willow respond positively to nitrogen fertilization at the initial stages of development. Phosphorus and potassium fertilization accelerates the initial development of pine seedlings irrespective of site preparation. The mixing of mineral soil into peat improved the growth of pine seedlings, although not as much as phosphorus and potassium fertilization.

Source:

Kaunisto,S.; 1986. Socio-Economic Impacts of the Utilization of Peatlands. International Peat Society Symposium. Oulu, Finland. Pages 241-246.

Titre/Title:

PEATLANDS BEFORE AND AFTER PEAT HARVESTING

Résumé:

La majorité des tourbières utilisées pour l'extraction de la tourbe en Finlande sont des terres sans autre utilité.

Suite à l'extraction, une couche de tourbe riche en azote d'épaisseur variable reste au-dessus de la couche minérale, celle-ci variant en texture et dans sa teneur en éléments nutritifs minéraux. Où la tourbe et la couche minérale sous-jacente présentaient des conditions favorables, des productions de bois très élevées furent obtenues, ayant pour seuls fertilisants les éléments contenus naturellement dans le substrat. Ainsi, la valeur des tourbières pour la production de bois augmente généralement suite à l'extraction lorsqu'une couche suffisante, mais pas trop épaisse, de tourbe est laissée au-dessus du sol minéral.

Abstract:

The majority of peatlands used for peat harvesting in Finland are wastelands. After peat harvesting, a nitrogen-rich peat layer of varying thickness remains on the mineral subsoil which varies in texture and mineral nutrient content. In suitable peat/subsoil conditions very high wood productions based on only natural nutrient contents of the substrate have been obtained. Thus the value of peatlands for wood production generally increases after peat harvesting if a sufficient, but not too thick, peat layer is left on mineral soil.

Source:

Kukkonen,E.; 1983. Symposium '83. Energy From Peat Symposium. St John's, Newfoundland. Pages 135-147.

Titre/Title:

SHORT ROTATION ENERGY PLANTATIONS: A SOLUTION TO REHABILITATE CUT-OVER PEATLANDS

Résumé:

Selon les évaluations actuelles, il existe environ 500 000 hectares de tourbières utilisables pour la production de tourbe combustible en Finlande. Toutefois l'exploitation de quelque 100 000 hectares parmi celles-ci n'est présentement pas rentable, dû aux conditions climatiques. D'ici la fin de 1982, la surface réservée pour l'extraction de tourbe combustible est de 100 000 hectares, alors que la surface actuelle en exploitation est de 38 000 hectares. Il fut estimé que la surface totale de tourbières épuisées atteindra 50 000 hectares d'ici la fin du siècle.

Les chiffres ci-haut représentent de grandes surfaces en Finlande. Il est donc très important de trouver pour ces tourbières épuisées les utilisations les plus économiques et saines pour l'environnement. L'agriculture est peut-être le choix le plus conventionnel, alors que sur d'autres surfaces, des lacs artificiels offrent possiblement la meilleure solution. Toutefois, le reboisement aura probablement à jouer un rôle d'avant-plan dans la réhabilitation de ces vastes tourbières.

Selon les études les plus récentes, les fonds de tourbières épuisées sont aptes au reboisement conventionnel et à la production de matière brute pour l'industrie des pâtes et papiers ainsi qu'à la plantation d'arbres pour la production d'énergie. Dans le dernier cas, des espèces à croissance rapide, ayant un temps de rotation court, peuvent être cultivés dans le but de produire du combustible.

Abstract:

According to present evaluations there are aproximately 500 000 hectares of technically good fuel peatlands in Finland. However, due to the climatic conditions, 100 000 hectares are presently not economical for fuel peat harvesting. By the end of 1982, the reserved area for fuel peat is 100 000 hectares while the actual area mined is 38 000 hectares. It has been estimated that the total area of exhausted peat bogs will reach 50 000 hectares by the end of this century.

The above figures represent large areas in Finland. Thus, it is very important to find out the most economical and environmentally sound methods to utilize these exhausted peatlands. Farming is perharps the most conventional choice, or in some areas artificial lakes may be the solution. However, reforestation will probably play the main role in rehabilitation of these large peatlands.

According to the latest information the bottom of exhausted peatlands is good for both conventional reforestation, producing raw material for the pulp and paper industry, and energy tree plantations. In the latter, fast growing trees, with a short rotation time can be harvested for fuel purposes.

Source:

Kuntze,H.; 1980. Proceedings of the 6th International Peat Congress. Duluth, Minnesota, United States of America. Pages 408-412.

Titre/Title:

THE IMPORTANCE OF THE ORGANIC MATTER CONTENT ON THE DEVELOPMENT OF SAND-MIX CULTIVATED BOGS

Résumé:

Le développement de sols organiques aptes à la culture sur des tourbières dépend du drainage et de la fertilisation. Les processus physiques en cause sont l'affaissement et le rétrécissement, tandis que les chimiques sont la minéralisation et l'humification. Ces processus se mesurent par la perte d'élévation, des changements de la porosité, la diminution de la perméabilité, la perte de tourbe, la mobilisation des éléments nutritifs, l'eutrophication de l'eau et l'augmentation de la CEC. Somme toute, plus de bonnes qualités sont perdues que de nouvelles créées. Par conséquent, la conservation de la tourbe est la raison majeure de la culture des tourbières, ses propriété initiales étant plus favorables aux plantes.

A une grande échelle, la préservation de la tourbe n'est possible que par la culture suite à l'addition d'une couche de sable en couverture. D'autre part, le mélange du sable à la tourbe occasionne, une perte de tourbe partielle.

Abstract:

The development of peat soils from bogs depends on drainage and fertilization. It correlates physically with subsidence and shrinkage, chemically with mineralization and humification. These processes are measurable by loss of height, change of pore size distribution, loss of permeability, dwindling of peat substance, mobilization of nutrients, eutrophication of water and increase

of CEC. Altogether more valuable qualities get lost than new ones found. Therefore preservation of peats is the superior principle of bog cultivation, because their original properties are more favorable for plants.

Vast conservation of peats is only possible by sand-covering cultivation. With sand-mix cultivation partial loss of peat must be considered.

Source:

Lashkevich,G.I.; 1979. Korma Number 5. Pages 18-21.

Titre/Title:

MEADOW ESTABLISHMENT ON PEAT EXCAVATIONS

Résumé:

Dans le but de récupérer des tourbières récemment exploitées, l'application de 500 kg de superphosphate + 500 kg de KCl + 12 kg de $CuSO_4$ + 8 kg d'acide borique/ha a produit des herbages avec 54,5 - 79,8% de Trifolium hybridum pour des semis composés de trèfle et de timothée. Après avoir laissé la tourbière sécher et ensuite semé le même mélange, le contenu de T. hybridum dans les herbages fut largement réduit et celui de timothée augmenté. Des résultats semblables furent obtenus avec d'autres espèces de trèfle, mélangées au timothée ou à la fétuque. Lors d'essais semblables dans la région de Minsk et ailleurs, les rendements de matière sèche étaient jusqu'à 6,8 t/ha pour T. hybridum, jusqu'à 6,5 t pour T. pratense, jusqu'à 3,77 t. pour T. repens et 1,9 - 2,5 t pour les graminées semées. Les expériences furent principalement conduites dans la tourbe de roseaux/laîches et non dans la tourbe de sphaigne. Des conseils sont donnés sur les techniques de récupération de tourbières résiduelles.

Abstract:

For reclamation of abandoned fresh peat excavations the application of 500 kg superphosphate + 500 kg KCl + 12 kg $CuSO_4$ + 8 kg boric acid/ha resulted in herbage with 54,5 - 79,8% Trifolium hybridum in clover/timothy sown swards, but after permitting the excavation to dry and sowing the mixture the content of T. hydridum in the herbage was greatly reduced and that of timothy increased. Similar results were obtained with other clover spp. in mixtures with timothy or meadow fescue. In similar trials in the same and other regions of Minsk province, DM yields were up to 6,8 t/ha for T. hybridum, up to 6,5 t for T. pratense, up to 3,77 t for T. repens and 1,9 - 2,5 t for sown grasses. The experiments were carried out mainly on a reed/sedge peat and not a Sphagnum peat. Advice is given on the technique of peat excavation reclamation.

Source:

MacNaeidhe,F.S. and Courtney,J.; 1983. Proceedings of the International Symposium on Peat Utilization. Bemidji State University. Bemidji, Minnesota, United States of America. Pages 229-238.

Titre/Title:

VEGETABLE CROP PRODUCTION ON PEAT SOIL

Résumé:

Des expériences de culture de légumes vont bon train à la Peatland Research Station de Lullymore depuis 1967. Ces essais ont notamment porté sur la fertilisation, le contrôle des insectes, des maladies et des mauvaises herbes, les abris et les cultivars ont également été le sujet de recherches, les types de tourbe et leur profondeur, les techniques de gestion des sols et des cultures et enfin l'affaissement et l'amélioration de la tourbe. Les carottes, le céleri, les oignons et les légumes brassicaires, à l'exception des choux de Bruxelles, croissent bien dans la tourbe bien drainée. D'autre part, les haricots verts et les pois ont donné des résultats moins satisfaisants. Un abri s'est avéré particulièrement nécessaire pour les oignons et les légumes brassicaires au printemps et au début de l'été. Comme fertilisants, 7,5 - 30 tonnes de chaux, 70 - 500 kg d'azote, 150 kg de phosphore et 300 kg de potassium sont nécessaires pour une croissance satisfaisante des cultures. Les besoins en chaux et en azote varient selon le type de tourbe et de culture, respectivement. La chaux et les fertilisants doivent être incorporés en profondeur dans le sol. De plus, une application de cuivre au sol est essentielle à toutes les cultures. Des carences en manganèse, en zinc et en bore se produisent dans certaines cultures lorsuq'une quantité excessive de chaux est appliquée, ou lorsque la teneur en chaux du sol est naturellement élevée. Les insectes et les maladies ne sont généralement pas un plus grand problème sur les tourbières que sur les sols minéraux. Le type de tourbe le plus convenable à la culture des légumes est la tourbe de bois profonde de fen. Les tourbes de roseaux et de sphaigne se drainent moins librement et sont mal

aérées. Alors que la première posera toujours des problèmes à la culture, la productivité de la seconde s'améliorera dans certains cas, avec le temps. Toutefois, il serait préférable de cultiver des plantes herbacées sur ce type de tourbe durant les cinq premières années suite à la récupération.

Abstract:

Trials on vegetable crop production have been in progress at the Peatland Research Station, Lullymore since 1967. These trials have included investigations in crop nutrition; pest, disease and weed control; shelter; and crop cultivars. Peat type and depth, soil and crop management techniques, peat subsidence and amelioration have also been investigated. Carrots, celery, onions, and brassicae, with the exception of brussels sprouts, grow well on free-draining peat. French beans and peas have given less satisfactory results. Shelter is necessary particularly for onions and brassicae during spring and early summer. From 7,5 - 30 tonnes of lime, 70 - 500 kg nitrogen, 150 kg of phosphorus and 300 kg of potassium are required for satisfactory crop growth. The lime and nitrogen requirements vary with peat type and crop respectively. The lime and fertilizer should be worked in deeply. A soil application of copper is essential for all crops. Manganese, zinc and boron deficiency occurs in certain crops when too much lime has been applied or when the lime content of the soil is naturally high. Pests and diseases are generally no more serious on peat than on mineral soils. The most suitable peat type for vegetables is deep wood fen peat. Reed swamp peat and Sphagnum peat are less free draining and are poorly aerated. Whereas the former will always present problems, the productivity of the latter type will in some cases improve with time. However, more suitable crops, for example grass, should be produced on this peat type for the first five years after reclamation.

Source:

MacNaeidhe,F.S., Egan,T. and Fleming,G.A.; 1984. Proceedings 7th International Peat Congress. Dublin. Volume 3. Pages 373-388.

Titre/Title:

CEREAL CROP PRODUCTION ON PEAT SOIL

Résumé:

Des recherches sur la production de céréales de printemps et d'hiver furent entreprises sur des tourbières exploitées, et à l'aspirateur et manuellement, de 1976 à 1982. Les meilleurs rendements en termes de la qualité et de la quantité de grains furent obtenus sur de la tourbe de fen noire bien drainée et labourée en profondeur. Les principaux problèmes rencontrés sur les tourbières nouvellement récupérées furent la croissance inégale, la déficience minérale et la sécheresse. Les affleurements minéraux étaient communs lorsque la tourbe était peu profonde. Sur ces types de tourbe, les besoins nutritionnels et de gestion des sols des affleurements minéraux différaient de ceux des poches de tourbe, causant des difficultés.

De plus, un autre facteur qui entre en jeu dans le rendement inférieur en grains sur les sols tourbeux profonds, fut le développement des grains. Dans les échantillons étudiés, on trouva une corrélation entre la taille du grain, la profondeur de la tourbe et la teneur en cuivre du grain. Sur des sols tourbeux très peu profonds, une texture de sol inadéquate était responsable du rendement inférieur. L'incorporation de chaux et d'éléments nutritifs à une profondeur insuffisante a causé des rendements pauvres sur des sols tourbeux acides nouvellement récupérés. Jusqu'à ce que ces problèmes puissent être résolus, la production de céréales ne peut être recommandée sur ces types de tourbières.

Abstract:

Investigations on the production of spring and winter cereals were carried out on milled-over peatland and on hand-cutover peatland from 1976 to 1982. Best grain yield and quality were produced on well drained deeply cultivated black fen peat. The main problems on newly reclaimed peats were patchy growth, mineral deficiency and drought. Mineral outcrops were common on shallow peat. The different nutritional and soil management requirements of the mineral outcrops and peat pockets caused difficulties on this peat type.

An additional factor which was responsible for poor grain yields on deep peat soils was grain development. In the samples studied there was a correlation between grain size, peat depth and grain copper content. Unsuitable soil texture was responsible for poor yield on very shallow peat soils. Insufficient depth of incorporation of lime and nutrients caused poor yields on newly reclaimed acid peat soils. Until these problems are resolved cereal crops cannot be recommended on these peat types.

Source:

McNally,G.; 1984. Proceedings of the 7th International Peat Congress. Dublin. Volume 3. Pages 442-449.

Titre/Title:

DEVELOPMENT OF INDUSTRIAL CUTOVER BOG IN IRELAND

Résumé:

Quelque 80 000 ha de tourbières résiduelles, exploitées sur une base industrielle, seront disponibles pour d'autres usages au cours du prochain siècle en Irlande. En effet, de grandes superficies deviendront disponibles d'ici dix ans.

Cet article traite des conclusions principales retenues suite à dix années de travail sur l'application de résultats de recherches à des projets pilotes de développement sur des tourbières résiduelles.

Il discute des variations de la qualité de la tourbe et du sol minéral retrouvées à l'intérieur d'une même tourbière, et des limites que celles-ci imposent à la considération de futures utilisations.

En dernier lieu, il traite des problèmes physiques rencontrés sur de grandes surfaces de tourbières, où l'infrastructure nécessaire à l'agriculture et à la foresterie d'aujourd'hui n'existent pas.

Abstract:

In Ireland, some 80 000 ha of industrial cutover peatland will be available for other uses in the next century. Sizeable areas will become available for development within ten years.

This paper deals with the main conclusions from ten years work on the application of research results to pilot development projects on cutover bogs.

It deals with variations in the peat and mineral soil within any one bog area and the limitations these impose on future use.

It deals also with the physical problems encountered on large areas of peatland lacking any of the infrastructural requirements of modern agriculture and forestry.

Source:

Mints,A.G. and Khristenko,K.S.; 1980. 6th International Peat Congress. Duluth, Minnesota, United States of America. Pages 426-427.

Titre/Title:

POND FISHERY PECULIARITIES UNDER PEAT UTILIZATION

Résumé:

Etant donnée l'existence de vastes étendues de tourbières résiduelles en URSS, la pisciculture représente une utilisation potentielle pour ces terrains.

Il fut démontré que les tourbières résiduelles basses et transitoires sont plus propices à la pisciculture en bassin. Les excavations laissées suite à l'extraction de la tourbe seraient appropriées pour la construction d'étangs.

Des recherches ont démontré que les corps d'eau situés sur des tourbières, alimentés par des eaux humifiées, ont une productivité réduite.

Abstract:

With the existance of vast areas of land in the USSR consisting of excavated peat-bogs there exists the possibility of excavated peat-bog utilization for fish cultivation.

It has been established that excavated peat-bogs of low-lying and transitional type are most suitable for pond fishery. Excavations formed by various means of peat harvesting of milling fields are most suited for pond construction.

The research has shown that water bodies situated on peated lands and provided with humified water are low in productivity.

Source:

Myeyarowski,A.S. and Bahamazava,A.L.; 1987. Vesti Akademii Navuk Byelorussian Soviet Socialist Republics. Volume 2. Pages 25-29.

Titre/Title:

EFFECTIVENESS OF FERTILIZERS ON SOILS OF EXHAUSTED PEAT FIELDS UNDER PERENNIAL CEREALS

Résumé:

La fertilisation annuelle est la condition principale à rencontrer pour obtenir des rendements élevés d'herbacées vivaces (jusqu'à 6 000 - 7 000 unités de fourrage) sur les tourbières résiduelles. Les engrais azotés se sont avérés de première importance. La fertilisation au NPK, dans des proportions de 60:60:120, ont donné un rendement en grains de 20,7 unités de fourrage par kg d'azote.

Abstract:

On the exhausted peat fields annual fertilization is the main condition for high yields of perennial grass (up to 6 000 - 7 000 fodder units). Nitrogeneous fertilizers are found to be of dominant importance: with NPK in ratio 60:60:120, the pay-back of 1 kg of nitrogen due to the yield gain is 20,7 fodder units.

Source:

Nick,K.-J.; 1984. Proceedings of the 7th International Peat Congress. Dublin. Volume 1. Pages 331-338.

Titre/Title:

MEASURES AND CHANCES OF SUCCESS FOR THE REGENERATION OF BOGS AFTER THE COMPLETE INDUSTRIAL CUTTING OF PEAT

Résumé:

Dans la plupart des pays qui possèdent des tourbières, l'arrêt de l'expansion, l'agriculture et les autres utilisations des tourbières sont encore à l'avant-plan. En Europe centrale et plus spécifiquement au nord-est de l'Allemagne et aux Pays-Bas, il ne reste aucune grande tourbière à l'état naturel. En plus de la protection et de la conservation de petites sections naturelles de tourbières, une nouvelle approche pour la protection de l'environnement s'est dessinée au cours des dernières années; c'est-à-dire, la régénération des tourbières par la renaturation et le remouillage.

Pour la première fois en République Fédérale d'Allemagne, une tourbière ombrotrophe des Emsland sera renaturée et remouillée suite à la cessation des opérations d'exploitation.

Il existe des méthodes bien connues pour le remouillage des tourbières résiduelles de tourbe noire suite à l'extraction de la tourbe blonde sus-jacente. Des mesures appropriées doivent être prises pour diminuer l'infiltration de l'eau dans le sous-sol minéral. La revégétation doit être entreprise et dirigée selon des méthodes spécifiques. Le développement hydrographique, floristique et faunique du site expérimental sera rigoureusement observé et documenté par un programme scientifique intensif.

Abstract:

In most of the countries with bogs, the damming up of the expansion, the utilization and cultivation of the peatlands are still in the foreground today. In Central Europe and especially in Northwest Germany and the Netherlands there are no more large bogs in the lowlands preserved in an untouched and natural condition. Besides the protection and conservation of the small natural remains of the bogs, here has been a new task for nature protection for the last years: the regeneration of bogs by renaturation and rewetting.

For the first time in the Federal Republic of Germany a former raised bog in the Emsland will now be renaturated and rewetted after completing the industrial cutting of peat.

There are well known methods for rewetting bogs where the black peat is preserved after winning the white peat. Unlike these, there must be some variations to decrease the oozing away of the water into the subsoil here. The development of the vegetation shall be started and directed by specific measures. The hydrological, the botanical and the zoological development on the experimental site will be observed and documented by an intensive scientific accompanying program.

Source:

O'Carroll,N.; 1984. 7th International Peat Congress. Dublin, Ireland. Volume 3. Pages 450-461.

Titre/Title:

PEATLAND AFFORESTATION IN THE REPUBLIC OF IRELAND

Résumé:

De grandes étendues, aujourd'hui recouvertes de tourbe, étaient autrefois boisées. La première tentative majeure de reboisement des tourbières par l'Etat, dans les années 1890, se solda par un échec. Vers les années 1950 et celles qui suivirent, le développement d'engins appropriés pour le labour, ainsi que l'utilisation de fertilisants phosphatés ont permis de reboiser les tourbières avec succès. La forêt couvre aujourd'hui 170 000 ha ou 14,4% de la superficie totale des tourbières, constituant 51% des forêts appartenant à l'Etat. L'utilisation de canaux de drainage est maintenant remplacée, lorsque possible, par un système de drainage taupe installé à quelque 75 cm sous la surface. Ceci permet un meilleur développement des racines, améliore la stabilité, et facilite la coupe. Un engrais phosphoré est appliqué au début, de plus, un ajout de potassium s'avère nécessaire dans certaines régions centrales. Les principales espèces utilisées sont l'épinette de Sitka et le pin lodgepole. Les recherches indiquent que des rendements élevés peuvent être obtenus sur des tourbières résiduelles ainsi reboisées.

Abstract:

Large areas now covered by peat were formerly forested. The first major State attempt at bog afforestation in the 1890s failed. The development of suitable ploughs and the use of phosphate fertilizer permitted successful afforestation of peatland from about 1950 onwards. Forest now covers 170 000 ha, or 14,4% of the total peatland area, and this peatland fores t constitutes 51% of the

State-owned forest. The use of open drains in peatland afforestation practice is now being replaced where possible by a system of tunnel ploughing with drains about 75 cm below the surface. This will lead to better root development, improved stability and easier harvesting. Phophorus is applied at establishment and potassium is also necessary in some midland areas. The main species used are Sitka spruce and lodgepole pine. Research on cutaway bog areas indicates that very high yields will be attainable under forest crops.

Source:

Ryznenkova,V.N.; 1984. Kartofel'i Ovoshchi, 11. Pages 18-19.

Titre/Title:

ONIONS ON DRAINED PEAT BOGS

Résumé:

Lors d'essais sur une période de 3 ans, des plants d'oignons, cultivés sur des tourbières résiduelles, furent soumis à un paillis de polyéthylène foncé ou de sable (600 m^3/ha), incorporé dans la couche arable. Les plants furent irrigués par un système de tuyaux ou arrosés à un taux de 150 ou 300 m^3 d'eau/ha. L'application de $N:P_2O_5:K_2O$ fut effectuée au taux de 50:25:100 kg/ha. Les rendements obtenus furent de 296,0, 299,5 et 299,6 centners/ha, respectivement, pour le paillis de polyéthylène, le paillis de sable et l'aspersion à 150 m^3/ha. Toutefois, l'aspersion a produit les bulbes de moindre qualité pour l'entreposage.

Abstract:

In 3-year trials, plants on reclaimed bogs were mulched with dark polyethylene or sand at 600 m^3/ha which was incorporated into the arable layer. The plants were irrigated by sluicing through drainage pipes or sprinkling at 150 or 300 m^3 water/ha. $N : P_2O_5 : K_2O$ was applied at 50:25:100 kg/ha. Yields produced by polyethylene mulching, sand mulching and sprinkling at 150 m^3/ha were 296,0, 299,5 and 299,6 centners/ha, respectively. However, sprinkling produced bulbs with the poorest storage quality.

Source:

Stenbeck,G.; 1985. Proceedings of Peat and the Environment '85. International Peat Society Symposium. Jonköping, Sweden. Pages 165-174.

Titre/Title:

ASPECTS ON THE RECLAMATION OF CUT-AWAY BOGS

Résumé:

L'utilisation rationnelle des terres, aujourd'hui, vise une saine gestion à long terme. Ce but s'accomplira par le respect des principes écologiques lors de la récupération de tourbières exploitées.

Les techniques modernes de culture doivent demeurer en harmonie avec la capacité de production des tourbières résiduelles. Par conséquent, il est important d'examiner les réactions de divers systèmes de culture sous différents genres de stress.

Il est aussi important de souligner que le reboisement ou la culture accrue de récoltes énergétiques sur les tourbières exploitées peut occasionner un stress au niveau des éléments nutritifs dans les eaux de surface et du sol.

La création de terres humides semi-naturelles peut représenter une option sérieuse dans des régions où les terres humides sont peu abondante et où les cours d'eau en aval sont sensibles, e.g. pour éviter l'eutrophication.

Abstract:

The basic view on land-use is to aim at the most adequate long-range management. This will be achieved mainly by maintaining ecological principles in the reclamation of the exploited area.

Modern cultivation techniques must not allow measures which are not in harmony with the productive capacity of the cut-away bog. Therefore, it is also important to investigate the different kinds of reactions that the various cultivation systems may show to different kinds of stress.

It is also important to emphasize that afforestation or increased cultivation of energy crops on exploited peatlands may result in an increased stress of nutrients on surface and groundwaters.

Creation of semi-natural wetlands may be a valuable land-use alternative within regions limited in wetland supply or where downstream water-courses are sensitive, e.g. for eutrophication.

Source:

Valk,U.; 1986. Socio-Economic Impacts of the Utilization of Peatlands. International Peat Society Symposium. Oulu, Finland. Pages 265-276.

Titre/Title:

ESTONIAN CUT-OVER PEATLANDS AND THEIR USE IN FORESTRY

Résumé:

Il serait avantageux de convertir la majorité des tourbières résiduelles au reboisement. Laissées à elles-mêmes, les tourbières se revégètent en saule et en bouleau blanc, de moindre valeur, d'où l'intérêt de planter des espèces de culture.

Le succès et la croissance des cultures dépendent du régime hygrométrique du sol, ainsi que de la disponibilité d'éléments nutritifs. Les arbres croissent de façon insatisfaisante ou périssent lorsque le niveau d'humidité des sols est trop élevé. D'autre part, dans les tourbières résiduelles ayant un régime hygrométrique adéquat, la croissance des arbres est entravée par une déficience en phosphore du sol, et également, à certains endroits, par des carences en azote et en potassium. Dans les régions non-boisées, le pin sylvestre est suggéré pour le reboisement, tandis que dans les régions recouvertes de broussailles, l'épinette de Norvège est recommandée. L'établissement du bouleau résulte de l'ensemencement naturel.

Abstract:

It is expedient to use the majority of cut-over peatlands as forest land. As with passage of time peat cut-over areas are covered by less valuable willow and white birch brush-wood, it is useful to plant there forest cultures. The success of cultures and their growth are dependent upon the moisture regime of the soil as well as nutrient elements available to trees. The trees grow

unsatisfactorily or perish where the moisture content of the soils is high. In cut-over peatlands with favourable moisture regime, the growth of the trees is inhibited by low phosphorus content of the soil, at places also by nitrogen and potassium deficiency. In treeless areas, Scots pine, and in areas covered by brushwood, Norway spruce, are suitable for afforestation. Birch results from natural seeding.

Source:

Volchkov,V.F., Sautin,V.I. and Bobronikova,T.I.; 1981. Lesnoe Khozyaisto. Number 3. Pages 68-70.

Titre/Title:

GROWING CRANBERRIES ON WORKED-OUT PEATLANDS

Résumé:

Un compte rendu est présenté, sur la possibilité de cultiver des canneberges (cultivars à gros fruits d' *Oxycoccus*) sur les tourbières résiduelles en URSS. Des données sur les taux de croissance sont présentées et les cultivars les plus prometteurs sont identifiés. Il semblerait rentable d'établir des plantations sur des tourbières résiduelles recouvertes d'une couche de 3 à 5 cm de sable grossier.

Abstract:

An account is given of the possibilities of growing cranberries (large-fruited cultivars of *Oxycoccus*) on worked-out peatlands in the USSR. Some data are presented on growth rates, and promising cultivars are identified. It seems feasible to establish plantations on worked-over peatland covered with a 3 - 5 cm layer of coarse sand.

ANNEXE B/APPENDIX B

Liste des personnes-ressources

Experts interviewed

Monsieur Heinrich Grumpelt
C. Deilmann AG
BAD Bentheim, RFA

Monsieur John K. Jeglum
Great Lakes Forest Research Centre
Sault Ste Marie, Ontario

Monsieur R.M. Jelly
Kinsealy Research Centre
Dublin, Irelande

Monsieur Seppo Kaunisto
The Finnish Forest Institute
Parkano Research Station
Parkano, Finlande

Monsieur Herbert Kuntze
Bodentechnologisches Institute
Bremen, RFA

Monsieur Paul LeBlanc
Biologiste
Ferme expérimentale
Bouctouche, N.-B.

Monsieur Marcel Lévesque
Chercheur scientifique principal
Section de classification des sols
Institut de recherche sur les terres
Directeur de la recherche
Ferme expérimentale centrale
Ottawa, Ontario

Monsieur René Martin
Gérant Général
La Compagnie de Tourbe Fafard Ltée
Shippagan, N.-B.

Monsieur Sukhdev Mathur
Section de classification des sols
Institut de recherche sur les terres
Directeur de la recherche
Ferme expérimentale centrale
Ottawa, Ontario

Monsieur Karl-Josef Nick
Landkreis Emsland
Meppen, RFA

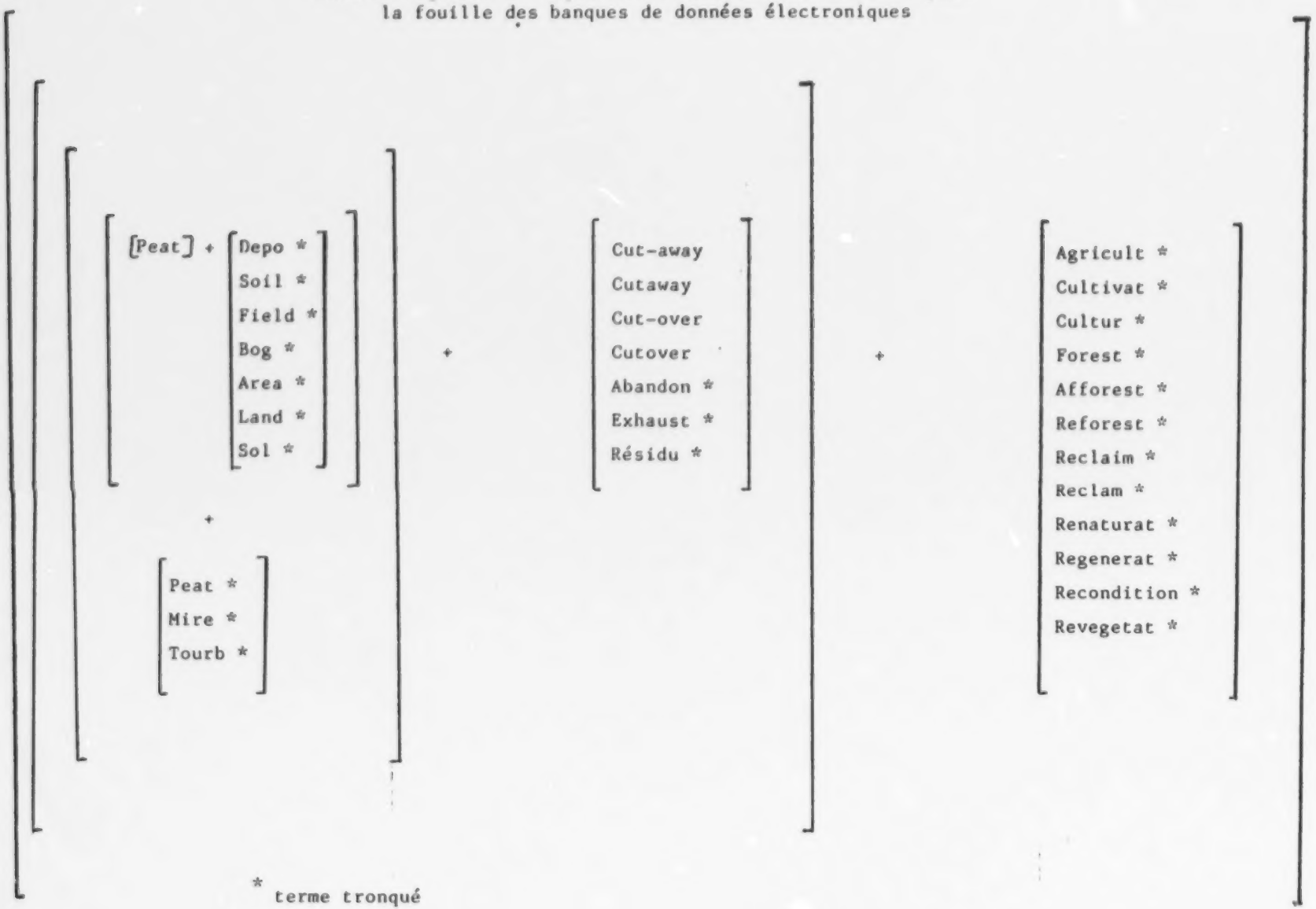
Monsieur Anton Scholz
Akademie der
Landwirtschaftswissenschaften
Berlin, RDA

ANNEXE C/APPENDIX C

Termes du profil et expressions de recherche utilisés pour la fouille des banques de données électroniques

Concept map and keywords used for database searches

Termes du profil et expressions de recherche utilisés pour la fouille des banques de données électroniques



* terme tronqué

ANNEXE D/APPENDIX D

Banques de données électroniques interrogées

Databases searched

BIOSIS PREVIEWS

BA69, BA72, BA79 and BA86, produced by the BioSciences Information Service, provide worldwide coverage of the literature of the life sciences. The databases include items concerned with the study of living organisms, their identification, internal processes, environmental interactions and applications. Interdisciplinary areas such as biomedicine, biochemistry, pharmacology and instrumentation are also covered.

DESCRIPTION

Subject Coverage:

Agriculture	Forestry	Psychiatry
Bacteriology	Genetics	Public health
Biochemistry	Immunology	Toxicology
Botany	Medicine	Veterinary science
Ecology	Microbiology	Zoology
Food technology	Nutrition	

Sources: Over 9 000 journals as well as reports, books, reviews, meetings, conference proceedings and theses.

Time span: 1969 - present

BIOSIS PREVIEWS

BA69, BA72, BA79 et BA86, produits par le BioSciences Information Service, recensent la documentation publiée à travers le monde dans le domaine des sciences de la vie. Les fichiers comprennent des références de documents portant sur l'étude des organismes vivants, leur identification, les processus internes, les interactions avec leur milieu et leurs applications. Les publications dans les domaines interdisciplinaires comme la biochimie, la biomédecine, l'instrumentation et la pharmacologie sont également recensées.

CARACTERISTIQUES

Domaines couverts:

Agriculture	Génétique	Santé publique
Bactériologie	Immunologie	Science vétérinaire
Biochimie	Médecine	Technologie alimentaire
Botanique	Microbiologie	Toxicologie
Ecologie	Nutrition	Zoologie
Foresterie	Psychiatrie	

Sources: Plus de 9 000 revues scientifiques, ainsi que des rapports, des livres, des études, des comptes rendus de conférences et des thèses.

Période couverte: 1969 à ce jour

CA SEARCH

The CAS77, CAS82 and CAS86 databases, produced by the Chemical Abstracts Service of the American Chemical Society, cover all aspects of chemistry and chemical engineering. References to new findings about reactions, chemical substances, materials, techniques, procedures, theories and applications are included in the databases. For coverage prior to 1977, see the CAC database.

DESCRIPTION

Subject Coverage:

Analytical chemistry
Applied chemistry
Biochemistry
Chemical engineering
Macromolecular chemistry
Organic chemistry
Physical chemistry

Sources: Journals, patents, books, conference proceedings, theses, technical reports and government reports.

Time span: 1977 - present

CA SEARCH

Les fichiers CAS77, CAS82 et CAS86, produits par le Chemical Abstracts Service de l'American Chemical Society, couvrent tous les aspects de la chimie et du génie chimique. Les références relatives aux découvertes sur les réactions, les substances chimiques, les matériaux, les techniques, les méthodes, les théories et les applications sont incluses dans les fichiers. Le fichier CAC recense les références de documents parus avant 1977.

CARACTERISTIQUES

Domaines couverts:

Biochimie
Chimie analytique
Chimie appliquée
Chimie macromoléculaire
Chimie organique
Chimie physique
Génie chimique

Source: Revues, brevets, livres, comptes rendus de conférences, thèses, rapports techniques et rapports officiels.

Période couverte: 1977 à ce jour

CAB ABSTRACTS

The CAB database, produced by CAB International (CABI), is a major source of the world's bibliographic information in the field of agriculture, and includes related aspects of applied biology, economics and sociology. Sixteen abstracting units of CAB International, each specializing in a particular aspect of agriculture, contribute to the production of over 50 abstract journals. Combined, these form the CAB database.

DESCRIPTION

Subject Coverage:

Agricultural economics
Agricultural entomology
Animal breeding
Animal physiology
Arid lands
Crop management
Dairy science
Farm management
Fertilizers
Fish farming
Foods and additives
Forestry
Horticulture
Nutrition
Irrigation
Veterinary science
Pesticides
Plant breeding
Soil science
Weed control
Wildlife

Sources: Over 10 000 journals in 74 languages as well as books, conference proceedings, patents, standards, theses and reports.

Time span: 1973 - present

CAB ABSTRACTS

Le fichier CAB, produit par CAB International (CABI), est la principale source de renseignements bibliographiques dans le domaine de l'agriculture et des aspects connexes de la biologie appliquée, de l'économie et de la sociologie. Seize services de dépouillement de CAB International, chacun spécialisé dans un aspect particulier de l'agriculture, contribuent à la production de plus de 50 bulletins signalétiques. Réunis, ces bulletins composent la base de données CAB.

CARACTERISTIQUES

Domaines couverts:

Aliments et additifs alimentaires
Croisements génétiques des plantes
Engrais
Economie agricole
Entomologie agricole
Faune
Foresterie
Gestion des fermes
Gestion des cultures
Horticulture
Insecticides
Irrigation
Lutte contre les mauvaise herbes
Nutrition
Physiologie animale
Pisciculture
Reproduction des animaux
Science et technologie laitières
Science de la terre
Sciences vétérinaires
Terres arides

Sources: Plus de 10 000 périodiques en 74 langues, ainsi que des livres, des comptes rendus de conférences, des brevets, des normes, des thèses et des rapports.

Période couverte: 1973 à ce jour

CANADIANA ONLINE

The OONL database, produced by the National Library of Canada, covers all subjects connected with Canada. Items published outside of Canada are included if the author is a Canadian citizen or a resident of Canada, or if the publication contains substantial information about Canada.

DESCRIPTION

Subject Coverage:

Architecture	Languages	Political science
Art	Linguistics	Religion
Economics	Literature	Science
Education	Music	Social sciences
Geography	Philosophy	Technology
History		

Sources: Monographes, theses, federal and provincial government publications. OONL does not include Serials or Monograph Series Canadiana; or materials such as university calendards, programs of limited interest, advertising materials of product information only, transparencies or annual reports of non-government organizations.

Time span: 1973 - present

CANDIANA EN DIRECT

Le fichier OONL, produit par la Bibliothèque nationale du Canada, couvre tous les sujets relatifs au Canada. Les ouvrages publiés à l'extérieur du Canada sont également recensés lorsque l'auteur est citoyen ou résident du Canada, ou lorsque la publication présente un contenu canadien.

CARACTERISTIQUES

Domaines couverts:

Architecture	Langues	Religion
Art	Linguistique	Science
Economie	Littérature	Science politique
Education	Musique	Sciences sociales
Géographie	Philosophie	Technologie
Histoire		

Sources: Les monographies, les thèses, les publications des gouvernements fédéral et provinciaux. Les collections de publications en série ou de monographies Canadiana ou les documents comme les calendriers universitaires, les programmes d'intérêt limité, la documentation publicitaire relative aux produits, les transparents ou les rapports annuels d'organismes non-gouvernementaux sont exclus du fichier OONL.

Période couverte: 1973 à ce jour

CISTI CATALOGUE ONLINE

The OON database, produced by the Canada Institute for Scientific and Technical Information (CISTI), contains references to materials in science, technology and medicine held by CISTI. The majority of records date from 1978. Conference proceedings in the life sciences dating from 1928 are also included.

DESCRIPTION

Subject Coverage:

Aeronautics	Chemistry	Information science
Architecture	Civil engineering	Materials science
Astronomy	Computer science	Mathematics
Biochemistry	Electrical engineering	Mechanical engineering
Biology	Energy sources	Medical sciences
Building research	Environmental science	Oceanography
Chemical engineering	Food science & technology	Physics

Sources: Monographs, conference proceedings and technical reports.

Time span: 1978 - present

FICHIER CATALOGRAPHIQUE DE L'ICIST

Le fichier OON, produit par l'Institut canadien de l'information scientifique et technique (ICIST), contient les références de documents conservés à l'ICIST dans les domaines des sciences, de la technologie et de la médecine. La plupart des références sont postérieures à 1978. Les comptes rendus de conférences publiés depuis 1928 dans le domaine des sciences de la vie sont également inclus.

CARACTERISTIQUES

Domaines couverts:

Aéronautique	Génie civil	Recherche en bâtiment
Architecture	Génie électrique	Science des matériaux
Astronomie	Génie mécanique	Science et technologie alimentaires
Biochimie	Informatique	Sciences de l'environnement
Biologie	Mathématique	Sciences de l'information
Chimie	Océanographie	Sciences médicales
Génie chimique	Physique	Sources d'énergie

Sources: Monographies, comptes rendus de conférences et rapports techniques.

Période couverte: 1978 à ce jour

COOPERATIVE DOCUMENTS PROJECT

The CODOC database, produced by the COoperative DOCuments Information Group, contains the combined government document holdings of 11 academic libraries in Ontario. The publications of the following major jurisdictions are included: Canada - Federal and Provincial, United States - Federal and State, United Kingdom, France, Germany, USSR, British Commonwealth countries and the United Nations and its agencies, e.g. UNESCO, WHO. Also included are research and technical reports issued by government agencies or sponsored by government grants.

DESCRIPTION

Subject Coverage:

Agriculture
Arts
Business
Defence
Economics
Education
Energy
Environment
Food
Health
Housing
Labour
Law
Mining
Parks
Science
Statistics
Tourism
Transport

Sources: Government reports, government documents.

Time span: 1640 - present

COOPERATIVE DOCUMENTS PROJECT

Le fichier CODOC, produit par le COoperative DOCuments Information Group, contient les références des publications officielles conservées dans onze bilbiothèques universitaires de l'Ontario. Les documents des pays ou organismes suivants sont inclus: Canada (niveaux fédéral et provinciaux), Etats-Unis (fédéral et états), Royaume-Uni, France, Allemagne, URSS, pays du Commonwealth, Nations unies et ses organismes, par exemple l'UNESCO, l'OMS, etc. Le fichier comprend aussi des rapports de recherche et des rapports techniques publiés par des organismes gouvernementaux ou subventionnés par le gouvernement.

CARACTERISTIQUES

Domaines couverts:

Affaires
Agriculture
Alimentation
Arts
Défense
Droit
Economie
Education
Energie
Environnement
Habitation
Mines
Parcs
Santé
Science
Statistiques
Tourisme
Transports
Travail

Sources: Rapports et documents officiels.

Période couverte: 1640 à ce jour

DIRECTORY OF FEDERALLY SUPPORTED RESEARCH IN UNIVERSITIES

The IEC database, produced by the Information Exchange Centre of the Canada Institute for Scientific and Technical Information (CISTI), contains information on university based research projects funded by Canadian federal government departments; including those contracts awarded by Supply and Services on behalf of other departments.

DESCRIPTION

Subject Coverage:

Administration
Agriculture
Arts
Biology
Business
Chemistry
Computer science
Economics
Education
Energy
Engineering
Geography
Geology
History
Humanities
Law
Linguistics
Medicine
Music
Northern studies
Nursing
Philosophy
Physics
Political science
Psychology
Religious studies
Science
Sociology

Time span: Fiscal year 1971/72 - present

REPERTOIRE DE LA RECHERCHE DANS LES UNIVERSITES SUBVENTIONNEE PAR LE GOUVERNEMENT FEDERAL

Le fichier IEC, produit par le Centre d'échange de l'information de l'Institut canadien de l'information scientifique et technique (ICIST), contient l'information relative aux programmes de recherche universitaire subventionnée par les ministères du gouvernement fédéral, y compris ceux subventionnés par Approvisionnements et Services Canada au nom d'autres ministères.

CARACTERISTIQUES

Domaines couverts:

Administration
Affaires
Agriculture
Arts
Biologie
Chimie
Droit
Economie
Education
Energie
Etudes nordiques
Géographie
Géologie
Histoire
Informatique
Ingénierie
Linguistique
Médecine
Musique
Philosophie
Physique
Psychologie
Science
Science politique
Sciences humaines
Sciences infirmières
Sciences religieuses
Sociologie

Période couverte: année financière 1971-1972 à ce jour

ENVIRONMENT LIBRARIES AUTOMATED SYSTEM

The ELIAS database, produced by the Environment Canada Departmental Library, corresponds to the collection of more than 20 libraries participating in the environment Canada Departmental Library network; also included is a collection from Fisheries and Oceans Canada.

DESCRIPTION

Subject Coverage:

Archaeology
Architecture
Canadian history
Conservation & natural resources
Conservation & restoration
Environmental impact analysis
Environmental managment
Fisheries
Forestry
Land use
Meteorology & climatology
Outdoor recreation
Parks and reserves
Tourism
Water resources
Wildlife

Sources: Serials, monographs, conference proceedings and technical reports.

Time span: 1976 - present

ENVIRONMENT LIBRARIES AUTOMATED SYSTEM

Le fichier ELIAS, produit par la bibliothèque ministérielle d'Environnement Canada, contient les références des documents conservés dans plus de 20 bibliothèques du réseau de la bibliothèque ministérielle d'Environnement Canada. Une collection de documents de Pêches et Océans Canada fait également partie de ce fichier.

CARACTERISTIQUES

Domaines couverts:

Archéologie
Achitecture
Analyse des effets sur l'environnement
Conservation et ressources naturelles
Conservation et restoration
Faune
Foresterie
Gestion de l'environnement
Histoire canadienne
Loisirs de plein air
Météorologie et climatologie
Parcs et réserves
Pêches
Ressources en eau
Tourisme
Utilisation des terres

Sources: Publications en série, monographies, comptes rendus de conférences et rapports techniques.

Période couverte: 1976 à ce jour

GEOLOGICAL REFERENCE FILE

The GEOREF database, produced by the American Geological Institute, provides comprehensive coverage of the literature of the geosciences and earth sciences.

DESCRIPTION

Subject Coverage:

Areal geology	Geomorphology	Petrology
Economic geology	Geophysics	Seismology
Environmental geology	Hydrology	Solid earth physics
Extraterrestrial geology	Minerology	Statigraphy
Geochemistry	Oceanography	Surficial geology
Geochronology	Paleontology	

Sources: Over 5 000 journals in 44 languages as well as monographs, conference proceedings, government documents, maps, atlases, reports, separately authored chapters of books, and North American theses.

Time span: 1785 - present

GEOLOGICAL REFERENCE FILE

Le fichier GEOREF, produit par l'American Geological Institute, recense de façon exhaustive la documentation dans le domaine des sciences de la Terre.

CARACTERISTIQUES

Domaines couverts:

Géochimie	Géologie régionale	Paléontologie
Géochronologie	Géomorphologie	Pétrologie
Géologie des surfaces	Géophysique	Physique de globe
Géologie économique	Hydrologie	Séismologie
Géologie environnementale	Minérologie	Stratigraphie
Géologie extraterrestre	Océanographie	

Sources: Plus de 5 000 périodiques en 44 langues ainsi que des monographies, des comptes rendus de conférences, des documents officiels, des cartes, des atlas, des rapports, des chapitres de livre écrits par des auteurs distincts et des thèses nord-américaines.

Période couverte: 1785 à ce jour

INVENTORY OF CANADIAN AGRI-FOOD RESEARCH

The ICAR database, produced by the inventory Committee of the Canadian Agricultural Research Council, is an inventory of agricultural research and development projects in the federal and provincial governments, universities, industry and various research establishments in Canada.

DESCRIPTION

Subject Coverage:

Agrometeorology
Animal biochemistry
Animal diseases
Animal nutrition
Animal physiology
Biometrics
Biosystematics
Breeding
Economics
Engineering
Entomology
Environmental quality
Food
Human nutrition
Management
Morphology
Plant biochemistry
Plant diseases
Plant physiology
Reproduction
Soils
Weeds

Time span: 2 current years

L'INVENTAIRE DE LA RECHERCHE AGRO-ALIMENTAIRE DU CANADA

Le fichier ICAR, produit par le Comité de l'inventaire du Conseil de recherche agricole du Canada, est un répertoire des programmes de recherche et de développement dans le domaine de l'agriculture, entrepris par les gouvernements fédéral et provinciaux, les universités, l'industrie et les divers établissements de recherche au Canada.

CARACTERISTIQUES

Domaines couverts:

Agrométéorologie
Aliments
Amélioration
Biochimie animale
Biochimie végétale
Bimétrie
Biosystématique
Economie
Entomologie
Génie
Gestion
Maladies des animaux
Maladies des plantes
Mauvaises herbes
Morphologie
Nutrition animale
Nutrition humaine
Physiologie animale
Physiologie des plantes
Qualité du milieu
Reproduction
Sols

Période couverte: les 2 dernières années

MICROLOG

The MICROLOG database, produced by Micromedia Ltd., provides access to publications from all levels of Canadian government as well as universities, research institutions, laboratories, professional societies, corporations, consultants, associations and special interest groups.

DESCRIPTION

Subject Coverage:

Agriculture
Behavioural & social sciences
Business & economics
Canada north of 60°
Communications
Culture & humanities
Earth sciences
Education
Energy
Environment
External affairs
Fisheries
Forestry
Health care
Justice
Labour
Land use & planning
Life sciences
Natural resources
Physical sciences
Public administration
Public work
Social affairs
Transport

Sources: Government publications, annual reports, statistical reviews, financial statements and research studies.

Time span: 1979 - present

MICROLOG

Le fichier MICROLOG, produit par Micromedia Ltd., permet d'accéder aux publications des gouvernements fédéral et provinciaux et des administrations municipales, de même que celles d'universités, d'établissements de recherche, de laboratoires, de sociétés professionnelles et commerciales, d'experts-conseils, d'associations et de groupes d'intérêt.

CARACTERISTIQUES

Domaines couverts:

Administration publique
Affaires et économie
Affaires extérieures
Affaires sociales
Agriculture
Aménagement du territoire et planification
Communications
Culture et sciences humaines
Education
Energie
Environnement
Foresterie
Grand Nord canadien
Justice
Main d'oeuvre
Pêches
Ressources naturelles
Sciences de la terre
Sciences de la vie
Sciences physiques
Sciences sociales et du comportement
Soins de santé
Transport
Travaux publics

Sources: Publications officielles, rapports annuels, comptes rendus statistiques, bilans financiers, études de recherche.

Période couverte: 1979 à ce jour

NATIONAL TECHNICAL INFORMATION SERVICE

The NTIS database, produced by the National Technical Information Service of the United State Dept. of Commerce, is a multidisciplinary database representing US government sponsored research, development, engineering reports and machine processable data files and related software. The reports originate from over 300 US governement departments and agencies, including NASA, the Dept. of Energy, Dept. of Health, Education and Welfare, the Environmental Protection and the Dept. of Agriculture.

DESCRIPTION

Subject Coverage:

Aeronautics
Agriculture
Astronomy
Behavioural sciences
Biology
Business
Chemistry
Communications
Earth sciences
Economics
Education
Electronics
Energy
Engineering
Environmental pollution & control
Health
Materials
Medicine
Military science
Nuclear science & technology
Oceanography
Sociology
Space technology
Technology transfer
Urban & regional planning

Sources: US government reports, government sponsored translations, foreign language reports and US government owned patents.

Time span: 1964 - present

NATIONAL TECHNICAL INFORMATION SERVICE

Le fichier multidisciplinaire NTIS, produit par la National Technical Information Service du United States Dept. of Commerce, recense les travaux de recherche subventionnés par le gouvernement américain, les études de développement et d'ingénierie, les fichiers de données exploitables par machine et les logiciels connexes. Les rapports proviennent de plus de 300 agences et organismes fédéraux des E.-U. comme la NASA, le Department of Defense, le Department of Energy, le Department of Health, Education and Welfare, l'Environmental Protection Agency et le Department of Agriculture.

CARACTERISTIQUES

Domaines couverts:

Aéronautique
Affaires
Agriculture
Astronomie
Biologie
Chimie
Communications
Electronique
Energie
Environnement: pollution et contrôle
Génie
Matériaux
Médecine
Science militaire
Science nucléaire et technologie
Sciences de la Terre
Sciences du comportement
Sociologie

Economie	Océanographie	Technologie spatiale
Education	Planification urbaine et régionale	Transfert de technologie
	Santé	

Sources: Rapports du gouvernement fédéral américain, traductions commandées par le gouvernement, rapports en langues étrangères et brevets d'inventions du gouvernement.

Période couverte: 1964 à ce jour

NRC PUBLICATIONS

The NRCPUBS database, produced by the information Exchange Centre of CISTI, provides access to numbered publications written by National Research Council Staff or for NRC.

DESCRIPTIONS

Subject Coverage:

Aeronautics
Astrophysics
Biology
Building research
Chemistry
Electrical engineering
Marine dynamics
Materials science
Mechanical engineering
Physics

Sources: Periodicals, technical reports, conference papers and monographs.

Time span: 1970 - present

NRC PUBLICATIONS

Le fichier NRCPUBS, produit par le Centre d'échange de l'information de l'ICIST, donne accès à toutes les publications numérotées, rédigées pour le compte du CNRC ou par des membres de son personnel.

CARACTERISTIQUES

Domaines couverts:

Aéronautique
Astrophysique
Biologie
Chimie
Génie électrique
Génie mécanique
Dynamique marine
Physique
Recherche en bâtiment
Science des matériaux

Sources: Périodiques, rapports techniques, comptes rendus de conférences et monographies.

Période couverte: 1970 à ce jour

PEAT ABSTRACTS

The Peat Abstracts, produced by Bord Na Mona, provide world wide coverage of the literature related to peat and peatlands.

DESCRIPTION

Subject Coverage:

Chemistry & physics of peat
Classification
Extraction of peat
Production
Reclamation of peat
Utilization of peat

Sources: Over 10 000 journals in 74 languages as well as books, conference proceedings, patents, standards, theses and reports.

Time span: 1952 - present

PEAT ABSTRACTS

Le fichier Peat Abstracts, produit par Bord Na Mona, donne accès à toutes les littératures dans le monde entier concernant la tourbe et les tourbières.

CARACTERISTIQUES

Domaines couverts:

Classification
Extraction de la tourbe
Production
Propriétés chimiques et physiques de la tourbe
Réclamation de la tourbe
Utilisation de la tourbe

Sources: Plus de 10 000 périodiques en 74 langues ainsi que des livres, des comptes rendus, des brevets, des normes, des thèses et des rapports.

Période couverte: 1952 à ce jour